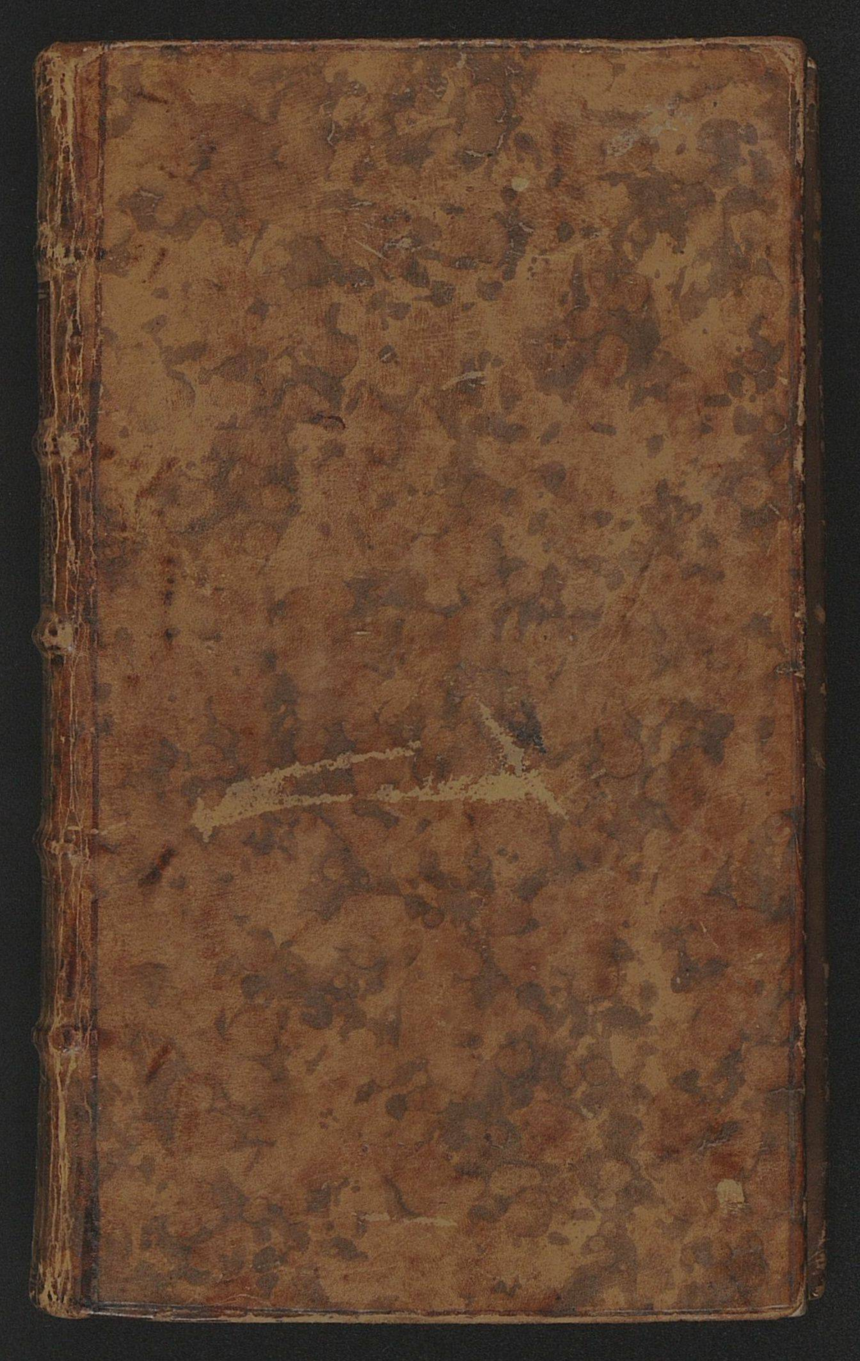






INV.# 326131 #α 4002631
9/2011
FT

LEÇONS DE PHYSIQUE EXPERIMENTALE.

Par M. l'Abbé NOLLET, *de l'Académie Royale des Sciences, de la Société Royale de Londres, de l'Institut de Boulogne, & Maître de Physique de Mgr LE DAUPHIN.*

TOME QUATRIEME.

Nouvelle Edition.



A PARIS,

Chez HIPPOLYTE-LOUIS GUERIN, & LOUIS-FRANÇOIS DELATOUR, rue S. Jacques, à S. Thomas d'Aquin.

M. DCC. LIII. [1753]

Avec Approbation & Privilege du Roi.

AXA 210:4 (1753)

AVIS AU RELIEUR.

Les planches doivent être placées de maniére qu'en s'ouvrant, elles puissent sortir entiérement du Livre, & se voir à droite dans l'ordre qui suit.

Tome Quatrieme.

	Page.	Planches.
XII. Leçon.	76	1.
	100	2.
XIII. Leçon.	226	1.
	266	2.
	318	3.
	324	4.
XIV. Leçon.	356	1.
	370	2.
	408	3.
	436	4.
	474	5.
	496	6.
	498	7.
	528	8.

Extrait des Regiſtres de l'Académie Royale des Sciences.

Du 9. Août 1748.

M. DE REAUMUR & moi, qui avons été nommés, pour examiner *le quatriéme Volume des Leçons de Phyſique Expérimentale* de M. l'Abbé Nollet, en ayant fait notre rapport, l'Académie a jugé cet Ouvrage digne de l'impreſſion : en foi de quoi j'ai ſigné le préſent Certificat. A Paris, ce 9. Août 1748.

GRANDJEAN DE FOUCHY Sécrétaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences.

LEÇONS



LEÇONS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.

XII. LEÇON.

De la Nature & des Propriétés de l'Eau.

IL ſeroit difficile de décider, ſi l'eau nous eſt moins néceſſaire ou moins utile que l'air. Car quoique nous reſpirions continuellement celui-ci, & que la conſervation de notre vie dépende de la ſalubrité de cet élément, on peut croire, que s'il étoit réduit à ſes parties propres, & qu'il manquât d'une certaine humidité qui l'accom-

pagne toujours, nous souffririons beaucoup de cette sécheresse : l'air sans eau conviendroit peut-être aussi peu à notre respiration, que l'eau sans air à celle des poissons. L'eau est un agent universel que la nature employe dans toutes ses productions, & qui entre si souvent & de tant de manieres, dans les commodités de notre vie, que son interdiction étoit chez les Romains un supplice, dont on punissoit les mauvais citoyens. C'est la boisson naturelle de tous les animaux ; si nous nous en préparons d'autres, ou celle-ci en fait la partie principale, ou elle y entre pour les tempérer ; & quoiqu'on puisse vivre fort long-tems & sainement, en usant avec modération des liqueurs spiritueuses & fermentées, l'expérience fait voir que les buveurs d'eau jouissent communément d'une santé plus égale, & qu'ils sont au moins aussi robustes que les autres hommes.

Je ne me propose point d'exposer ici en détail tous les avantages que l'eau nous procure, & les différentes vûes que peut avoir eues la sagesse divine en créant cet élément. Ces ob-

jets ont été remplis par des Auteurs *, dont les ouvrages sont célébres, & qu'on peut aisément se procurer ; mon dessein est d'examiner en Physicien seulement, les principaux caractéres de l'eau, les sources d'où elle nous vient, les différens états qu'elle peut prendre, & les effets les plus généraux dont elle est capable.

* Nieuwentyt, exist. de Dieu, démontrée par les merv. de la nat. II. part. chap. 4. Théolog. de l'eau, par M. Fabricius. Traité des vertus medicin. de l'eau comm. par Monf. Smith. &c.

On peut considérer l'eau sous trois états, 1ment. comme *liqueur* ; 2ment. comme *vapeur* ; 3ment. comme *glace* : ce sont trois maniéres d'être, qui ne changent rien à son essence, mais qui la rendent propre à différens effets, & qui me donnent lieu de partager cette Leçon en trois Sections.

PREMIERE SECTION.

De l'Eau considérée dans l'état de Liqueur.

A Parler exactement, l'état naturel de l'eau, celui qu'elle auroit, si rien ne se mêloit à sa matiére propre, seroit d'être un corps solide, comme l'ont fort bien remarqué MM.

Mariotte, de Mairan, & Boerhaave. Oui, l'eau, comme la graiſſe, la cire, & toutes les autres matiéres que nous ne voyons couler, que quand on les chauffe à un certain degré, ſeroit continuellement glace, ſi la matiére du feu qui la pénétre, pour l'ordinaire en ſuffiſante quantité dans les climats tempérés, n'entretenoit la mobilité reſpective de ſes parties, pour la rendre fluide; & dans un pays où il fait continuellement aſſez froid pour faire durer ſa congélation, il faut employer le ſecours de l'art, pour la faire couler, comme nous l'employons ici pour fondre le plomb, le ſoufre, les réſines, &c. Mais ſi l'état de ſolidité ſemble le plus naturel à l'eau, ce n'eſt pas celui qu'elle a le plus communément, au moins dans la plûpart des climats habités; & par cette raiſon, je commence par la conſidérer comme liqueur, avant que d'expoſer les propriétés qu'elle a lorſqu'elle eſt gelée.

L'eau qui n'eſt point glacée, eſt une liqueur inſipide, tranſparente, ſans couleur, ſans odeur, qui s'attache aiſément à la ſurface de certains

corps, qui en pénétre un grand nombre, & qui éteint les matiéres enflammées. Si elle paroît quelquefois opaque, colorée, odorante, ou qu'elle ait un goût remarquable, c'est qu'alors elle est mêlée avec une matiére étrangére, qui lui donne une qualité qu'elle n'a point d'elle-même.

La fluidité de l'eau, comme celle des autres liquides, vient de la matiére du feu qui la pénétre, & qui met ses parties en état de rouler les unes sur les autres, & d'obéir au penchant de leur propre poids, ou à toute autre impulsion : mais indépendamment de cette cause générale, on peut dire que l'eau est plus fluide que bien d'autres matiéres, parce que ses molécules sont d'une extrême petitesse, & d'une figure apparemment très-propre au mouvement: je n'ai garde de décider si ce sont des petits fuseaux, des petits cylindres, ou des globules, parce que je ne connois aucune observation, ni aucune expérience, qui puisse garantir cette décision;mais une analogie assez générale me conduit à croire que leur figure, telle qu'elle puisse être, contribue à leur mobili-

té ; une meſure de menus grains, ou de ſable bien ſec, qu'on fait couler par une trémie, peut être regardée en quelque façon comme un fluide : en pareil cas le blé coule mieux que l'avoine, parce qu'il a une figure plus propre au mouvement ; le ſablon bien ſéché a plus de fluidité que le blé ou que le ſeigle, parce que ſes parties plus menues ſont auſſi plus mobiles.

* *Elem. Chem. part. II. p.* 295.

Boerhaave prétend * que la fluidité de l'eau n'eſt point ſuſceptible de plus ni de moins ; qu'elle eſt également liquide, ſoit au moment qu'elle ceſſe d'être glace, ſoit qu'elle commence à bouillir ; & il appuye ſon ſentiment ſur une expérience de M. Newton *, qui trouva les oſcillations d'un pendule auſſi libres dans l'eau la plus froide, qu'elles avoient paru l'être dans l'eau la plus chaude. Soit dit ſans bleſſer le reſpect que je dois à ces grands hommes, je ne ſçais ſi cette preuve ne ſeroit pas un peu ſujette à révision. La maſſe qui faiſoit ces oſcillations, de quelque matiére qu'elle fût, a dû ſe dilater & devenir plus grande, dans l'eau chaude que dans la froide : or plus un corps eſt grand,

* *Traité d'Opt. queſt.* 28.

plus il éprouve de résistance dans un milieu ; ainsi l'eau chaude, à la vérité, plus fluide, auroit dû rendre le mouvement plus libre, mais le mobile dilaté par la chaleur répondoit à un plus grand volume du milieu résistant ; cette derniére cause a pû compenser l'autre, & empêcher qu'on n'apperçût plus de fluidité dans l'eau chaude, quoiqu'elle y fût réellement.

Il est vrai que Boerhaave se retranche à dire, qu'il n'entend parler que d'une fluidité sensiblement égale & constante, & qu'il peut y avoir un plus ou un moins que nous n'appercevons pas ; mais ce plus ou moins, dont il convient, il l'attribue tout entier à la désunion des molécules, par la matiére du feu qui se glisse entr'elles, & nullement à la division des parties de ces mêmes petites masses ; car il les regarde comme des élémens qui peuvent être séparés les uns des autres, mais non pas entamés. Cependant toutes les autres matiéres que nous voyons passer d'un état à l'autre, & qui nous laissent le tems d'observer leurs changemens, ne s'amollissent que par degrés, & prennent successi-

vement différentes nuances de fluidité; les molécules ſe diviſent & ſe ſubdiviſent à meſure que le feu pénétre la maſſe, & la liquidité augmente de plus en plus, juſqu'à ce que les parties extrêmement ſubtiliſées, ſe diſſipent par évaporation. Je ne dis pas que l'eau ne puiſſe être exceptée de cette régle générale ; mais je voudrois que cette exception fût connue par des faits, & appuyée ſur de bonnes preuves.

Je ne vois rien dans la nature qui favoriſe cette opinion; je trouve au contraire des phénoménes familiers, & en grand nombre, qui ſemblent la détruire. Pourquoi l'eau froide ne pénétre-t-elle pas dans les corps auſſi facilement que celle qui eſt chaude? pourquoi celle-ci enléve-t-elle plus promptement de leur ſurface les matiéres qui y ſont adhérentes? pourquoi la ſolution des ſels dans l'eau eſt-elle plus abondante & plus complette, à meſure que le degré de chaleur eſt plus grand? enfin pourquoi fait-on cuire les viandes & les fruits dans l'eau bouillante, & non pas dans l'eau froide? On peut me répondre que

toutes ces matiéres dilatées par la chaleur, en deviennent plus pénétrables, plus faciles à entamer, & que l'eau elle-même animée par la chaleur, en eſt plus active, & je conviens de ces raiſons; mais n'eſt-il pas plus que vraiſemblable auſſi, que la même chaleur ſubdiviſe les molécules de l'eau, & les rend plus propres à s'inſinuer dans les matiéres diſſolubles?

L'eau nous vient, ou de l'atmoſphére par les pluies, les neiges, & autres météores aqueux; ou du ſein de la terre, par les ſources & les fontaines; ou enfin par des canaux & des réſervoirs qui ſe trouvent à la ſurface de notre globe, comme des riviéres, des lacs, & des mers.

Nous avons vû dans la leçon précédente comment l'eau s'éléve en vapeurs, & s'amaſſe dans l'air au-deſſus de nous, pour tomber enſuite ſous différentes formes. Moyſe en nous traçant l'hiſtoire de la Création, nous apprend que, dès le commencement l'Auteur de ce vaſte univers ſépara de la terre habitable ce grand amas d'eau qu'on appelle la *Mer*, & qu'il en fixa les limites. Nous voyons naître les ri-

viéres & les fleuves d'une, & le plus ſouvent, de pluſieurs ſources qui réuniſſent leurs eaux, pour couler dans un même lit. Mais d'où viennent ces ſources perpétuelles, qui forment & qui groſſiſſent les eaux courantes, & que nous rencontrons dans preſque tous les endroits où nous creuſons la terre? quelle cauſe ſecrete les fait naître, & les entretient? C'eſt une queſtion ſur laquelle les Phyſiciens ne ſont point d'accord, & qui fait depuis longtems l'objet de leurs recherches.

La premiere obſervation qui ſe préſente, quand on raiſonne ſur l'origine des fontaines, c'eſt que leurs eaux vont toutes ſe rendre à la mer, comme à un réſervoir commun : or depuis tant de ſiécles que ces écoulemens ſe raſſemblent ainſi, l'Océan & les autres mers auroient ſans doute regorgé de toutes parts, & inondé toute la terre, ſi les riviéres qui vont s'y décharger, y portoient des eaux étrangéres qui ajoutaſſent continuellement à leur immenſe volume : il faut donc que ce ſoit la mer même qui fourniſſe aux ſources cette abondance d'eaux qui lui rentre ; & que par une eſpéce de

circulation, celles-ci puissent couler perpétuellement, sans trop remplir le vaste bassin qui les reçoit.

Ce raisonnement qu'on est comme forcé de faire dès qu'on entame cette matiére, est un point fixe où se réunissent toutes les opinions; mais comment l'eau va-t-elle de la mer aux fontaines? voilà ce qui les partage.

De quelque maniére que l'eau soit amenée à la source d'où nous la voyons sortir, il faut qu'elle puisse, soit en partant, soit en chemin, se dépouiller de la salûre, de l'amertume & de la viscosité qu'on sçait qu'elle a naturellement: car l'eau des fontaines est douce; & si elle paroît quelquefois chargée de matiéres étrangéres, ce n'est point ordinairement de celles qui se trouvent dans l'eau de la mer. Il ne suffit donc pas de faire un systême d'hydrostatique par lequel on fasse voir, comment l'eau de l'Océan peut être déterminée à se porter fort avant dans le continent, pour y former une source; il faut encore que par le même systême on puisse apprendre, comment cette eau se dépouille de son sel, de son bitume, &c.

* Princip. de la Phil. 4. part. §. 64.

Selon la pensée de Descartes *, l'eau de la mer, par des canaux souterrains & suffisamment inclinés, se rend sous les montagnes dans de grandes cavités que la nature y a pratiquées ; elle y est échauffée par un degré de chaleur qu'il suppose encore au-dessous de ces grandes chaudiéres, & elle s'éléve en vapeurs dans le corps même de la montagne comme dans le chapiteau d'un alembic ; d'où retombant ensuite par son propre poids, lorsqu'elle vient à se condenser, elle se filtre à travers des terres jusqu'à ce qu'elle rencontre une issue.

Si tout alloit ainsi, il faut convenir que l'eau pourroit venir de la mer, & sortir douce au milieu du continent : mais pour rendre raison de ces deux effets, que de suppositions sans preuves ! J'aime assez que l'art copie la nature ; mais j'ai mauvaise opinion d'un systême où la nature imite l'art ; & pour dire ce que j'en pense, il semble que celui-ci ait été fait dans le laboratoire d'un Distillateur. Quand bien même on admettroit ces grands alambics qu'on suppose gratuitement;

que feroit-on du ſel & des autres matiéres dont l'eau de la mer ſe dépouille en s'évaporant ? depuis le tems que cette prétendue diſtillation dure, comment ces grandes chaudiéres ne ſeroient-elles pas encore comblées ?

C'eſt apparemment pour lever cette difficulté qu'un Auteur moderne * a imaginé que l'eau ſalée, après avoir été évaporée pendant quelque tems ſous les montagnes, ſe trouvant alors plus chargée de ſel & plus péſante qu'auparavant, reflue par ſon poids vers la mer, & que ſe renouvellant ainſi elle n'eſt ſujette à aucun dépôt. Mais quoique cette penſée ſoit ingénieuſe, & que les gouffres *abſorbans* & *vomiſſans* qu'on obſerve en quelques endroits de la mer, lui donnent une ſorte de probabilité; on peut dire cependant qu'elle auroit peine à ſe concilier exactement avec les loix de l'hydroſtatique, reſtreintes par les frottemens & autres obſtacles, & qu'elle charge encore de nouvelles ſuppoſitions le ſyſtême Cartéſien, qui péche déja par trop peu de ſimplicité.

* M. Kuhn. *médit ſur l'orig. des font. pag.* 239.

Une autre hypothéſe, qui ne me paroît pas meilleure que celle-ci, &

qui a pourtant ses défenseurs, c'est de dire, que les eaux de la mer se distribuent à toutes les parties du globe, par une infinité de canaux souterrains, à peu près comme le sang qui part du cœur, s'étend par les artéres jusqu'aux extrémités du corps animé; qu'en passant à travers du sable & des terres, elles y déposent leur sel, leur bitume, &c. & qu'étant devenues douces, elles sortent par les passages qu'on leur ouvre, ou que la nature leur a préparés.

Mais par quelle puissance toutes ces veines d'eau s'élévent-elles au-dessus du niveau de la mer, pour se mettre en état d'y retourner par leur pésanteur? pourquoi ne les voit-on jamais sortir de la terre avant que d'être parfaitement douces; si cette douceur ne s'acquiert que par un long trajet? & depuis six mille ans que dure cette filtration, comment la mer n'a-t-elle point perdu une grande partie de son sel? & comment ce même sel n'a-t-il point engorgé tous ces aqueducs souterrains? La vérité est que cette prétendue filtration est une chimére; l'expérience a fait voir qu'on

ne dessale point suffisamment l'eau de la mer, en la faisant passer à travers des sables, & des terres de quelque espéce qu'elles soient; & d'habiles Observateurs * ont remarqué que les eaux souterraines, par-tout où on les rencontre, ont un écoulement déterminé vers la mer, ce qui prouve avec évidence qu'elles n'en viennent point immédiatement. En vain citeroit-on les puits d'eau douce qu'on trouve dans les petites isles & au voisinage des côtes : ces puits tarissent dans les tems de sécheresse; c'est donc l'eau des pluies, & non pas celle de la mer, qui les entretient.

* *Vallisneri dell' origine delle font.*

Les pluies, les neiges, les brouillards, & généralement toutes les vapeurs qui s'élevent, tant de la mer que des continens & des isles, sont, selon toute vraisemblance, les principales causes qui font naître, & qui entretiennent les fontaines, les puits, les riviéres, & en général toutes les eaux courantes, & qui se renouvellent continuellement. En embrassant cette opinion, qui est la plus suivie, on n'est point en peine de sçavoir pourquoi les eaux qui nous viennent

du ſein de la terre ſont douces, quoique pour la plus grande partie, elles viennent originairement de la mer; car on ſçait par expérience que l'eau, en s'élevant en vapeurs, comme celles qui forment les nuages, abandonne les ſels dont elle eſt chargée, & toutes les matiéres péſantes qui ne peuvent pas ſe volatiliſer comme elle: on comprend auſſi fort aiſément pourquoi les ſources qui ſont les plus prochaines de la mer, ſont auſſi douces que celles qui en ſont les plus éloignées, parce qu'elles doivent toutes leur origine aux eaux qui viennent de l'atmoſphére, & qu'il n'y en monte aucune qui ne ſoit dépouillée de ſon ſel: enfin l'on explique ſans difficulté pourquoi les ſources ſe trouvent plus communément qu'ailleurs au pied des montagnes; car ces grandes maſſes qui s'élévent beaucoup dans l'atmoſphére, arrêtent les nuages, préſentent plus de ſurface aux pluies & aux brouillards, & ſe couvrent le plus ſouvent de neiges, qui ſe fondent peu à peu, & qui produiſent des écoulemens perpétuels, dont la plûpart demeurent cachés dans les rochers,

ou

ou dans la terre, & ne se montrent qu'aux endroits les plus bas, ou fort avant dans les plaines.

Ce que l'on objecte de plus spécieux contre ce systême, c'est qu'il y a peu d'apparence, dit-on, que ces immenses volumes d'eau que les riviéres & les fleuves font passer continuellement sous nos yeux, & qui se succédent avec tant de rapidité, puissent être le produit d'une mince vapeur, qu'on apperçoit à peine, & qui ne tombe en pluie, en neige, &c. que par intervalles. Mais d'habiles Physiciens * ont fait évanouir cette difficulté en comparant la quantité d'eau de pluie qui tombe à Paris, & aux environs, pendant le cours d'une année moyenne, avec celle de la Seine qui passe en pareil tems sous le Pont-royal : il résulte de leurs expériences & de leurs calculs, dont je me dispense de rapporter ici le détail, parce qu'il est très-bien exposé dans un ouvrage moderne * qui est entre les mains de tout le monde ; il résulte, dis-je, que dans chaque année, il tombe beaucoup plus d'eau qu'il n'en faut pour entretenir les riviéres,

* *M. Mariotte, traité du mouv. des eaux, 1. part. 2. discours. M. Halley, &c.*

* *Spect. de la nat. tom. 3. pag. 59. & suiv.*

& pour remplir les étangs; de ſorte que ces ſçavans Obſervateurs, en répondant à une difficulté, en font naître une autre: car les riviéres ne reportant point à la mer toute l'eau qui tombe ſur la terre, on demande ce que devient le reſte, & pourquoi la mer ne tarit point à la longue.

On peut répondre à cette nouvelle objection, qu'une partie de l'eau qui tombe ſur la terre, & qui n'entre point dans le lit des riviéres, s'inſinue par les crévaſſes que la ſécheresſe occaſionne, ou par mille autres pertuits que les inſectes & les autres animaux ont creuſés, & qu'elle forme ces couches d'eau ſouterraines qu'on obſerve en bien des endroits, & qui s'écoulent lentement vers la mer; qu'une autre partie ſert de boiſſon aux animaux, & de nourriture aux plantes qui en abſorbent beaucoup par leurs branches & par leurs feuilles, comme on le peut voir par les expériences de M. de la Hire * & par celles de M. Hales **; & qu'enfin une autre partie tourne en vapeurs, & s'éléve de nouveau de l'atmoſphére. Ainſi la pluie qui tombe ſur la mer

* *Mémoires de l'Acad. des Scienc. 1703. pag. 60.*

** *Statiq. des végét. Chap. 1.*

comme ailleurs, les riviéres & les écoulemens souterrains ne rendent au grand réservoir que ce qu'il en sort à peu près; & ce qui n'y va point, remplace apparemment ce qui s'évapore continuellement de la terre & des eaux dormantes; car les vapeurs qui s'élévent dans l'atmosphére, & qui font les nuages, ne viennent pas seulement de la mer, mais aussi des continens & des isles.

De quelque maniére que nous vienne l'eau, elle n'est jamais parfaitement pure : sans parler de l'air & du feu qu'elle contient toujours en assez grande quantité, puisqu'elle n'est fluide que par le mélange de ce dernier élément, & qu'elle se dépouille visiblement & abondamment de l'autre, lorsqu'on la met dans le vuide; sans parler, dis-je, de ces deux matiéres qui se trouvent par-tout, l'eau ne va guére sans quelques substances étrangéres qui se mêlent à ses parties propres, & qui lui donnent souvent des qualités qui se font remarquer par leurs effets. On connoît aisément que l'eau n'est point pure, lorsqu'elle n'a plus sa limpidité naturelle, ou bien lors-

qu'on lui trouve de l'odeur ou du goût ; mais il peut arriver aussi, (& c'est un cas assez commun,) que ce qu'elle contient d'étranger, ne change rien à la plûpart de ses qualités sensibles ; c'est-à-dire, qu'elle n'en paroisse ni moins claire, ni moins insipide, &c. & alors il faut emprunter le secours de l'art, pour s'assurer si elle est aussi pure qu'elle paroît l'être.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut avoir de l'eau de pluie distillée dans plusieurs vaisseaux ; mettre fondre dans l'un du sel marin, dans l'autre du vitriol de Mars, dans un autre de l'alun, & de tout en telle quantité, qu'en goûtant l'eau, on ne puisse pas distinguer de quelle matiére elle est chargée ; on doit filtrer toutes ces eaux séparément au travers d'un ou de plusieurs papiers gris, & en mettre dans des verres à boire bien nets environ 2 cuillerées de chacune ; on peut aussi en avoir quelques-uns qui contiennent de l'eau de puits bien claire.

EFFETS.

Si l'on éprouve toutes ces eaux, 1°. en y mêlant quelques gouttes de dissolution d'argent par l'esprit de nitre, il arrive presque toujours qu'elles se troublent, & qu'elles prennent quelque couleur.

2°. Si l'on y jette un peu d'infusion de noix de Galles, celle qui contient du vitriol de Mars, devient d'un roux obscur, & tirant sur le violet.

3°. Si l'on y met un peu d'huile de tartre par défaillance, celles qui contiennent des matiéres salines & terrestres, deviennent laiteuses.

EXPLICATIONS.

Les parties salines, métalliques ou terrestres qui flottent dans l'eau, n'en altérent point la limpidité, tant qu'elles y sont seules, parce qu'elles sont extrêmement divisées, & que leur petitesse égale peut-être celle des molécules de l'eau même, qui les tient en dissolution, puisqu'elles passent comme elles au travers du filtre; mais quand on y jette une liqueur chargée de quelque matiére, avec laquelle ces particules peuvent s'unir,

alors il naît de cette union des molécules plus grossiéres, dont la grandeur, la figure, ou l'arrangement ne convient plus de même au passage de la lumiére : voilà d'où vient l'opacité ou la couleur qu'on remarque dans les eaux préparées de notre expérience. Ces mêmes eaux doivent se troubler encore, lorsque les parties de sel qu'elles contiennent sont de nature à s'unir mieux que l'argent, avec l'esprit de nitre ; car dans ce dernier cas, les parties métalliques abandonnées à elles-mêmes, tombent par leur propre poids, & font ce qu'on nomme *précipité*. C'est par cette raison que dans les épreuves précédentes, on a vû devenir laiteuses les eaux qui contenoient du sel marin, ou de l'alun. On ne peut attribuer ces changemens qu'aux corps étrangers qui nagent dans l'eau qu'on éprouve : car la même chose n'arrive point quand on se sert d'eau distillée avec soin, dans laquelle on n'a rien mis dissoudre ; & quand on prend des eaux plus chargées, ces mêmes effets en deviennent d'autant plus sensibles.

APPLICATIONS.

Les mêmes épreuves que nous avons faites dans l'expérience précédente ſur des eaux préparées à deſſein, peuvent nous indiquer à peu près, les matiéres qui dominent dans certaines eaux, dont on a intérêt de connoître les qualités : on pourra donc légitimement ſoupçonner qu'il y a du fer ou du vitriol, dans celles que l'infuſion de noix de Galles rendra rouſſes, brunes, ou d'un violet obſcur; & c'eſt effectivement un des moyens que l'on employe pour reconnoître les eaux minérales ferrugineuſes. L'eau d'un puits ou d'une fontaine qui deviendra laiteuſe, ou bleuâtre, lorſqu'on y mêlera de l'huile de tartre ou de la diſſolution d'argent, pourra paſſer pour une eau chargée de quelque matiére ſaline ou terreſtre, ce que le vulgaire appelle communément *eau crue*, & qu'il reconnoît par la difficulté qu'elle a à diſſoudre le ſavon, & à cuire les légumes.

La plus pure de toutes les eaux eſt celle de la pluie ; elle eſt diſtillée par

la nature, & elle ne peut guére avoir d'étranger que ce qu'elle reçoit en passant par l'atmosphére : mais cela suffit apparemment pour y causer du mélange ; car on a beau la recueillir dans des vaisseaux bien nets, & sans qu'elle passe sur les toits ni par les gouttiéres, elle ne tient jamais contre toute épreuve, sur-tout quand elle vient après une longue sécheresse & par orage ; elle se sent de la grande quantité d'exhalaisons qui régnent alors, & qu'elle emporte en tombant : mais comme la plûpart de ces substances qui viennent de l'air sont volatiles, elle s'en dépouille en peu de tems, si elle n'est pas renfermée ; & l'on peut dire que les citernes où elle s'amasse & se conserve, sont d'un très-bon usage.

Les eaux dormantes qui ne sont pas d'une grande étendue, ont ordinairement des impuretés, dont on s'apperçoit au goût, & quelquefois à l'odorat : elles sont souvent sur un fond de terre noire & bitumineuse ; les reptiles & les insectes qui y frayent & qui y périssent, les plantes de leurs rivages qui s'y pourrissent, les char-

gent

gent néceſſairement de parties graſſes & de ſels volatiles, dont tous ces corps contiennent une grande quantité : toutes ces cauſes enſemble font prendre à ces eaux des qualités déſagréables ou nuiſibles ; c'eſt une attention qu'on devroit avoir dans les campagnes, ſur-tout pendant les tems de ſécchereſſe où les eaux ſont baſſes, de tenir les mares très-propres, de ne ſouffrir aucunes plantes ſur leurs rivages, de crainte que dans le grand nombre il ne s'en trouve de vénimeuſes, & d'empêcher qu'on n'y trempe le chanvre ou le lin pour le *rouir* ; car le bétail peut s'empoiſonner par les mauvaiſes eaux, ou gagner des maladies qui auroient des ſuites fâcheuſes.

L'eau de riviére, par les mêmes cauſes, ne ſeroit ni plus pure, ni plus ſaine que celle d'une mare, ſi le mouvement qui la briſe ſans ceſſe ne prévenoit la corruption, & ſi ſon renouvellement perpétuel, ne diviſoit & ne raréfioit, pour ainſi dire, les matiéres étrangéres qui s'y mêlent ; & c'eſt par cette derniére raiſon, ſans doute, que l'eau des petites riviéres

eſt communément moins bonne à boire que celle des grandes, & que celle-ci même diminue de bonté, dans les tems de ſéchereſſe où elle demeure long-tems baſſe.

On ſçait aſſez de combien de matiéres différentes les eaux des fontaines & des puits ſe trouvent chargées: les unes contiennent du fer, du vitriol, & d'autres ſubſtances ſalines ou métalliques; telles ſont nos fontaines minérales de Paſſi, de Forges, de Vichy, de Bourbon, de S. Aman, de Plombiéres, &c. les autres ſont graſſes, ou ſulfureuſes, juſqu'à s'enflammer: telle eſt celle de Sibini en Allemagne, & celle qui eſt en Dauphiné auprès de Grenoble *. On en voit d'autres dans leſquelles les corps ſe pétrifient ou s'incruſtent, parce qu'elles ſont chargées d'un ſuc pierreux dont elles rempliſſent les pores, ou qu'elles dépoſent à la ſurface des matiéres qu'on y plonge: enfin l'on en trouve qui ſont tellement chargées d'un ſel ſemblable à celui de la mer, qu'on en tire aſſez pour fournir à la conſommation de pluſieurs Provinces, comme on le voit à Salins, à

* *Hiſt. de l'Acad. des Scienc. 1699. pag. 23.*

Salies, &c. Les sources qui ont ces qualités, les doivent aux mines par lesquelles elles passent avant que de sortir de la terre : la nature se sert de toutes ces eaux errantes & comme extravasées, pour charier & rassembler selon ses vûes les principes des mixtes & de toutes les concrétions qui se forment secretement & peu à peu dans le sein de la terre ; & par fois il arrive qu'elles se font jour, ou qu'on leur ouvre des passages, avant qu'elles ayent déposé les matiéres dont elles sont chargées.

L'eau de la mer est la moins pure de toutes les eaux communes ; sa salure, son amertume, sa viscosité, empêchent qu'on n'en fasse usage pour boire, ou pour préparer les alimens. Pour les voyages de long cours, on est obligé d'embarquer de l'eau douce, qui se corrompt à plusieurs reprises, & qui n'est bonne que par intervalles. Cette provision prend beaucoup de place dans un vaisseau où l'on n'en a jamais de trop ; & lorsqu'elle vient à manquer, il faut souvent se détourner pour en aller chercher d'autre, ou bien l'équipage est exposé à une

diſette plus cruelle à ſouffrir que celle des autres alimens. Quelle commodité ne ſeroit-ce pas pour la navigation, ſi l'on pouvoit à peu de frais, & ſans trop d'embarras, rendre l'eau de la mer potable ! il y a long-tems auſſi qu'on en cherche les moyens ; & à la rigueur on peut dire qu'on les a trouvés ; mais les préparatifs, certains ſoins qu'exige cette opération, & peut-être plus encore que toute autre choſe, la difficulté d'introduire une nouveauté, quelque avantageuſe qu'elle paroiſſe, ont empêché juſqu'à préſent que cette découverte ne paſſât en uſage. On peut voir dans un ouvrage dont la traduction paroît ici depuis quelques années *, ce qui a été fait à cet égard par différentes perſonnes, ſur tout en France par M. Gautier Médecin de Nantes, en Angleterre par M. Hales, membre de la Société Royale, de l'Académie Royale des Sciences de Paris, & Auteur de pluſieurs bons ouvrages de Phyſique. De tous ceux qui ſe ſont appliqués à cette importante recherche, on peut dire que perſonne n'a mieux réuſſi que ces deux ſçavans : le dernier ſur-tout a

* *Exp. Phyſ. ſur la maniére de rendre l'eau de la mer potable, &c. par M. Hales.*

porté ſes vûes plus loin que l'autre; & par des procédés fort ſimples, dont l'expérience garentit le ſuccès, il enſeigne non-ſeulement la maniére de purifier l'eau de la mer, mais encore celle de conſerver ſans corruption l'eau douce que l'on embarque.

De tous les moyens connus que l'on peut employer pour purifier l'eau en général, il n'y en a point de plus uſité que la filtration, ni de plus efficace que la diſtillation. Quand il ne s'agit que de la purger de certaines ſaletés groſſiéres qui la rendent trouble, il ſuffit de la filtrer, comme on fait, à travers de certaines pierres poreuſes, ou du gravier que l'on a ſoin de laver & de renouveller. C'eſt imiter ce qui ſe fait naturellement dans les *Caves gouttiéres*, ces eſpéces de cavernes qu'on fait dans les carriéres, & où l'on voit l'eau des pluies paſſer goutte à goutte, par les lits de pierres qui en forment la voûte. De cette maniére l'eau devient ſi limpide, que l'on dit par maniére de proverbe, *clair comme l'eau de roche*. Mais il ne faut pas croire que cette clarté annonce toujours une pureté parfaite; elle

n'en eſt qu'un ſigne fort équivoque ; car la plûpart de ces eaux même qui ſe filtrent ſi lentement au travers des roches, portent avec elles un ſuc pierreux, qui s'amaſſe avec le tems, & qui forme dans l'intérieur des grotes une infinité de cryſtaux pendans, de différentes figures, comme on voit aux caves de l'Obſervatoire de Paris, & beaucoup plus aux grottes d'Arcy en Champagne. L'eau en ſe filtrant, ne ſe dépouille donc que des matiéres plus groſſiéres qu'elle, & pour qui les pores du filtre ne ſont pas ſuffiſamment ouverts : mais tout ce qui eſt aſſez ſubtil pour paſſer avec l'eau, y demeure conſtamment uni, ou ne céde qu'à une filtration ſouvent réitérée ou fort longue.

La diſtillation agit plus efficacement ; mais on ne peut pas dire encore que ce ſoit un moyen ſûr pour avoir l'eau abſolument ſans mélange : car ſi les ſubſtances étrangéres qu'elle contient ſont auſſi évaporables qu'elle-même, elles monteront comme elle au chapiteau de l'alembic ; & l'eau, après avoir été diſtillée, n'en ſera pas plus pure qu'auparavant. Cette

méthode ne peut donc avoir lieu que pour les eaux qui ſont chargées de quelque matiére fixe; encore faut-il avoir la précaution de ménager le feu, & de ne lui donner que le degré néceſſaire pour élever l'eau en vapeurs.

L'eau la plus épurée que l'on diſtille jusqu'à ſiccité, c'eſt-à-dire juſqu'à ce qu'il n'y ait plus rien de liquide, laiſſe toujours un peu de matiére terreſtre au fond de la cucurbite; & quoiqu'on la diſtille pluſieurs fois, & que les vaiſſeaux ſoient bien nets, on remarque toujours ce petit réſidu. Ce fait obſervé par Boyle, par Hook, & par quelques autres Phyſiciens, leur a fait conclure que l'eau n'eſt point d'une nature inaltérable; & M. Newton adoptant cette penſée, dit nettement * » que l'eau ſe change en » une terre ſolide par des diſtillations » réitérées. » Cependant M. Boherrave, qui dit avoir examiné la choſe avec une grande attention, n'eſt point de ce ſentiment; il croit au contraire que les parties de l'eau ſont des élémens inaltérables, & que l'action du feu le plus violent ne peut les enta-

* *Traité d'Optique.*

mer, ni par conſéquent leur faire changer de forme. Quant au fait ſur lequel s'appuyent M. Newton & ceux qui penſent comme lui à cet égard, il l'explique en diſant, que la matiére terreſtre qu'on trouve après chaque diſtillation, vient de la maſſe d'air renfermée dans l'alembic,& à travers de laquelle les vapeurs de l'eau s'élévent, ou bien de quelque négligence dans la manipulation.

On ne peut pas nier que l'air contenu dans les vaiſſeaux d'un laboratoire, où la cendre voltige aſſez ordinairement, ne ſoit chargé de quelques ſaletés, qui peuvent ſe mêler à l'eau pendant qu'on la diſtille. Il eſt vrai qu'on aura peine à croire que cela puiſſe fournir une quantité ſenſible de matiére terreſtre : mais on n'en trouve que bien peu auſſi ; & j'aimerois mieux croire, après l'examen qu'en a fait M. Boherrave, que c'eſt une matiére étrangére mêlée à l'eau, que de penſer ſur une preuve auſſi légére & auſſi douteuſe,que l'eau ſoit réductible en terre.

Comme les matiéres dont l'eau ſe trouve chargée, ſont communément

plus pesantes qu'elle, on a raison de regarder la plus légére comme la meilleure. Il pourroit arriver cependant, qu'avec une moindre pesanteur, elle eût quelque mauvaise qualité : mais ce n'est point le cas le plus ordinaire ; & quand cela se trouve, les substances dont elle est infectée, sont presque toujours spiritueuses ou volatiles, & l'odorat en peut juger.

On ne peut avoir que des à-peu-près touchant la pesanteur specifique de l'eau, parce qu'elle est plus ou moins pesante, selon son degré de pureté. Boyle prétend que toutes les eaux douces, de quelque pays qu'elles soient, pésent à peu près également ; & qu'en les examinant selon les loix de l'Hydrostatique, on y trouve à peine un milliéme de différence : mais il est presque seul de son avis ; & je sçais par mes propres expériences, & par celles de plusieurs Physiciens fort exacts, que sans sortir de la même Province, & quelquefois même dans le même lieu, on trouve des eaux qui pésent considérablement plus les unes que les autres. Boyle lui-même fait men-

tion * d'une certaine Riviére, dont l'eau pese un quart moins que l'eau commune d'Angleterre, ce qui me semble bien difficile à croire : les Peuples qui en habitent les bords devroient vivre long-tems, s'il est vrai, comme le dit Hérodote *, que les Ethiopiens vieillissent communément jusqu'à 120 ans & davantage, parce que les eaux qu'ils boivent sont extrêmement légéres ; mais n'en déplaise à Hérodote, qui connoissoit mieux l'histoire des hommes que celle de la Nature, je crois qu'il est permis de douter & du fait & de sa cause.

* *De Usu Philos. Experim. part.* 2.

* *Lib.* 3. *c.* 125.

La pesanteur spécifique de l'eau la moins chargée de corps étrangers, telle qu'est pour l'ordinaire celle de la pluie ou de la neige fondue, est à celle de l'or à peu près comme 1 est à $19\frac{1}{2}$; à celle du mercure, comme 1 à 14; à celle de l'air, comme 1000 à $1\frac{1}{4}$. Si l'on veut sçavoir le rapport de l'eau comparée, quand au poids, avec un plus grand nombre de matiéres; il faut consulter la Table qui se trouve dans le second Volume de cet Ouvrage *page* 393. *& suiv.* Mais je dois avertir les personnes qui seroient cu-

rieuſes ou de répéter ces ſortes de comparaiſons, ou d'en tenter de nouvelles, ſoit avec l'Aréométre, ſoit en uſant de tout autre moyen, de faire leurs épreuves avec toutes les precautions que j'ai marquées, quelques pages avant la Table dont je viens de parler.

De toutes les attentions qu'on doit avoir dans ces ſortes d'expériences hydroſtatiques, une des plus eſſentielles, c'eſt de ne point comparer deux eaux enſemble, qu'elles n'ayent préciſément un égal degré de chaleur, & que cette température commune ne différe pas beaucoup de celle de l'air, ou du milieu dans lequel on opére; car l'eau, comme toutes les liqueurs, & pour parler plus généralement, comme toutes les matiéres du monde, ſe raréfie & devient plus légére, à meſure qu'elle s'échauffe, comme elle ſe condenſe & devient plus peſante en ſe refroidiſſant. Ce n'eſt donc qu'avec un Thermométre très-ſenſible, & ſcrupuleuſement obſervé, qu'on peut entreprendre ces opérations, dont les réſultats ne peuvent donner que des différences peu

considérables, & dans lesquelles la plus petite erreur devient une grande faute.

L'eau qui cessant d'être glace, commence à être liqueur, & que l'on expose à l'action du feu dans un vaisseau où l'air extérieur a un libre accès, s'échauffe & se dilate peu à peu, jusqu'à ce qu'elle bouille; après quoi elle cesse de se dilater & de s'échauffer, quoique l'on continue ou que l'on augmente même la violence du feu: mais comme elle bout plus ou moins facilement, selon que sa surface est plus ou moins libre de se soulever, il peut arriver qu'elle soit dilatée autant qu'elle peut l'être, avant qu'elle ait reçu toute la chaleur qu'elle pourroit prendre; ou bien elle peut être gênée de façon qu'en se dilatant moins que de coutume, elle s'échauffe cependant beaucoup davantage. Les Expériences suivantes serviront & d'explications & de preuves à ces propositions.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut choisir un matras dont le

col ait environ 15 pouces de longueur, & 12 ou 14 lignes de diamétre intérieurement; le placer dans une cuvette remplie de neige ou de glace pilée, & à côté de lui un vaisseau de verre ou de métal fort mince plein d'eau qu'on laisse refroidir pendant quelques heures. *Voyez la Fig.* 1. Prenez ensuite de cette eau refroidie avec un chalumeau de verre renflé au milieu, & que vous n'emplirez jamais que jusqu'au fil *A*. Faites en sorte qu'une telle mesure vuidée 25 fois dans le matras le remplisse à peu près jusqu'à la naissance du col; alors vous y plongerez un petit Thermométre de mercure, gradué avec des fils sur son propre tube, & que vous arrêterez dans le col du matras, par le moyen de deux petites rondelles de liége, taillées en rosettes afin qu'elles ne bouchent point entiérement & qu'elles laissent un libre accès à l'air extérieur.

Tout étant ainsi disposé, marquez avec un fil sur le col du matras, l'endroit où se terminent les 25 premiéres mesures d'eau; & continuez d'en mettre encore 2 ou 3, dont chacune

ſera marquée par un fil. Puis vous les ôterez en inclinant le vaiſſeau, ou avec un chalumeau, de ſorte qu'il n'en reſte que 25.

Il faut avoir un bain de ſable qu'on puiſſe échauffer avec un réchaud plein de charbons allumés, & dans lequel on puiſſe placer le matras.

Enfin il faut encore que ce matras placé dans ſon bain de ſable, puiſſe répondre au récipient d'une machine pneumatique, par le moyen d'un ſcyphon, comme on le peut voir par la *Fig.* 2.

EFFETS.

1°. Lorſqu'on a tranſporté le matras, de la cuvette pleine de glace dans le bain de ſable, & qu'on l'a chauffé juſqu'à ce que l'eau commence à bouillir; alors le Thermométre marque 212, s'il eſt gradué comme ceux de Fahrenheit, ou de Preins; & le vaiſſeau ſe trouve plein juſqu'au ſecond fil, comme il l'étoit quand il y avoit 26 meſures d'eau froide.

2°. Quoique l'on continue de chauffer le bain de ſable, l'eau ne s'éléve pas davantage dans le matras; & la

liqueur du Thermométre, reſtant toujours à la même élévation, marque évidemment que le degré de chaleur eſt toujours le même.

3°. Si, lorſqu'on fait chauffer l'eau, au lieu de laiſſer le matras ouvert & communiquant avec l'air extérieur, on adapte ſon orifice au ſcyphon, comme on le voit par la *Fig.* 2. & qu'en faiſant agir la pompe, on raréfie d'abord le plus qu'il eſt poſſible, l'air qui eſt dans ces vaiſſeaux, & qui s'étend juſqu'à la ſurface de l'eau contenue dans le matras; à peine le Thermométre eſt-il monté au 64me degré, (ce qui marque une chaleur bien médiocre,) (*a*) que l'eau commence à bouillir fortement.

4°. Si l'air eſt moins raréfié, l'eau bout plus tard, c'eſt-à-dire, qu'il faut qu'elle ait acquis une plus grande chaleur que dans le cas précédent; & le retardement de l'ébullition du bouillon augmente comme la denſité de l'air qui agit ſur la ſurface de l'eau.

(*a*) Ce degré de chaleur répond au ſeiziéme du Thermométre de M. de Reaumur; c'eſt un peu plus que la température moyenne de l'Atmoſphére dans le climat de Paris.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

BC, *Fig.* 3. eſt une boëte cylindrique de métal, qui a par-tout environ 8 lignes d'épaiſſeur, & dont le couvercle également épais, s'applique par le moyen d'une groſſe vis *D*, & d'une bride ou étrier très-ſolide, de fer forgé. Il faut mettre pluſieurs anneaux de papier mouillé entre les parties qui ſe joignent, afin que le vaiſſeau demeure exactement fermé. *EF* eſt une eſpéce de réchaud, ou de fourneau de tôle forte, dans lequel on met de la braiſe ou du charbon allumé, pour échauffer le vaiſſeau *BC*, que l'on place dedans, ſur un trépied qui le tient élevé de quelques pouces au-deſſus du feu.

EFFETS.

Si l'on emplit d'eau cette eſpéce de marmite, à peu près juſqu'aux trois quarts de ſa capacité, & qu'on y renferme des os les plus épais & les plus durs, après lui avoir donné un degré de chaleur capable ſeulement d'évaporer

d'évaporer une goutte d'eau qu'on jette deſſus, dans l'eſpace de quelques ſecondes ; on trouve les os blanchis, amolis, de maniere qu'on les écraſe facilement ſous les doigts, comme s'ils avoient été calcinés ; & l'eau étant refroidie, à la même conſiſtance & le même goût qu'une gelée de viande.

Si l'on y a mis des morceaux de Chêne, de Hêtre, d'Orme, &c. on les retire ſemblables à du bois mort, qui auroit été long-tems expoſé à l'air & à la pluie ; & l'eau dont ils ont été pénétrés, annonce par ſa couleur, par ſon odeur & par ſon goût, qu'elle en a extrait les huiles, les ſels & les ſoufres qui ſervoient à lier les fibres.

EXPLICATIONS.

Quand on fait chauffer de l'eau dans un vaſe ouvert, le feu qui s'inſinue entre les parties du liquide, qui tend à les écarter & à les diviſer, fait un effort continuel pour dilater la maſſe & en augmenter le volume ; les parois & le fond du vaſe d'une part, & de l'autre le poids de l'atmoſphere qui preſſe la ſurface, ſont

autant d'obſtacles qui s'oppoſent à cet effet ; mais comme l'air peſe autant autour du vaſe que deſſus, l'eau s'y trouve doublement contenue, tandis qu'à ſa ſurface il n'y a que la preſſion de l'atmoſphére à vaincre : ainſi à meſure qu'elle ſe dilate, elle s'éléve peu à peu, juſqu'à ce qu'enfin les pores étant ſuffiſamment ouverts, la matiére du feu paſſe librement à travers de la maſſe, & n'en ſouléve plus que certaines parties les plus expoſées à ſon choc, & qui réduites en vapeur dilatée forment l'ébullition.

Mais ſi le poids ou le reſſort de l'air ne preſſe plus, ou qu'il preſſe moins la ſurface de l'eau ; le feu, avec un moindre effort, peut la ſoulever, paſſer librement, & la faire bouillir : c'eſt donc pour cela qu'on a vû l'eau du matras s'élever en gros bouillons, quoiqu'elle fût à peine tiéde ; car alors l'air qu'on avoit extrêmement raréfié, n'étoit plus en état de la contenir auſſi long-tems contre l'action du feu.

Par la raiſon du contraire, lorſque l'eau eſt enfermée de toutes parts, dans un vaiſſeau bien ſolide, com-

me celui de la troisiéme Expérience, le feu qui ne peut la soulever, pour se faire un passage libre, s'amasse en plus grande quantité; & le liquide qui tend à se dilater & à s'étendre, avec une force proportionnée à cette résistance, pénétre tout ce qui est enfermé avec lui; & les os dilatés eux-mêmes par un grand degré de chaleur, en deviennent plus pénétrables; l'eau s'insinue donc dans leurs pores, & en enléve tous les sucs qui lient les parties, de sorte qu'après cette extraction, les lames osseuses & leurs parties se désunissent au moindre effort.

Quand on fait ainsi chauffer l'eau dans un vaisseau fermé exactement, il faut bien prendre garde de l'exposer à un feu trop violent; car une dilatation forcée pourroit faire tout crever, au grand danger de ceux qui se trouveroient présens: c'est pour cela que je me sers d'une boëte de fonte qui a par tout 8 lignes d'épaisseur, & que je ne lui donne qu'un degré de feu peu considérable.

Il faut remarquer aussi que l'amollissement des os, & les dissolutions

qu'on peut faire par le moyen de cette machine, réuſſiſſent d'une maniére plus complette, & plus promptement, lorſqu'on fait agir le feu avec plus de vigueur : c'eſt-à-dire, que la même quantité de charbon allumé lentement, n'a pas autant d'effet que s'il étoit brûlé tout enſemble, & pouſſé avec plus de force; apparemment, parce qu'un feu lent a le loiſir de s'évaporer en partie à travers du métal, ce qui diminue d'autant ſon action dans l'intérieur du vaiſſeau.

APPLICATIONS.

Puiſqu'il faut moins de feu pour faire bouillir l'eau, lorſqu'elle eſt moins preſſée par le poids ou par le reſſort de l'air; dès qu'on a eu cette connoiſſance, on a dû préſumer qu'au ſommet d'une montagne la chaleur de l'eau bouillante ne devoit pas être auſſi grande, qu'elle le ſeroit dans un lieu moins élevé; car la colonne d'air qui répond à l'ouverture du vaſe, étant plus courte, eſt auſſi moins peſante. Cette préſomption vérifiée par MM. de Tury & le Monnier, nous apprend que la chaleur de l'eau bouil-

lante, qu'on regarde communément comme un terme fixe, ne l'eſt pourtant qu'à certaines conditions; c'eſt pourquoi Fahrenheit, en conſtruiſant ſes thermométres, ne manquoit pas d'avoir égard à la hauteur actuelle du barométre, & ne marquoit le terme de l'eau bouillante, au 212e degré, que dans les lieux & dans les tems où le poids de l'atmoſphére ſoutenoit 28 pouces de mercure, meſure du Rhein, ce qui revient à peu près à 27 pouces $\frac{1}{2}$ de France, hauteur moyenne du barométre: j'en uſe de même à l'égard des thermométres de mercure, à qui je donne une marche fort étendue.

Il eſt probable que ce que nous venons d'obſerver ici à l'égard de l'eau, eſt commun à toutes les liqueurs: ainſi l'eſprit-de-vin d'un thermométre doit bouillir d'autant plutôt, que le tube de l'inſtrument eſt purgé d'air plus parfaitement. Les premiers qui ont été conſtruits ſur les principes de M. de Reaumur, ne ſoutenoient pas la chaleur de l'eau bouillante, par cette raiſon; mais on peut leur donner cette propriété, en laiſſant un

peu d'air dont le reſſort s'oppoſe à l'ébullition, lorſque la liqueur monte aux plus hauts degrés. Il faut alors que les verres ſoient un peu plus épais que de coutume, pour réſiſter à l'effort qui ſe fait intérieurement.

Cette eſpéce de marmite dans laquelle nous avons fait amollir les os, eſt une invention que l'on doit à Papin, dont elle a toujours porté le nom; il fut le diſciple de M. Hughens à Paris, & enſuite à Londres, celui de Boyle, ſous la direction duquel il fit une grande partie des expériences phyſico-méchaniques, qu'on trouve dans les ouvrages de ce dernier Auteur. En publiant cette machine, ſon deſſein étoit d'introduire un moyen facile & de peu de dépenſe, pour extraire les ſucs de toutes les matiéres, tant animales que végétales; & pour cuire ſans évaporation toutes les matiéres qui ſervent d'alimens. On peut voir, dans un volume *in*-12 * qu'il fit imprimer en 1688, la deſcription de ce *digeſteur*, (c'eſt le nom qu'il lui donne;) les corrections qu'il y fit en différens tems, & un grand nombre d'expé-

* *La maniere d'amollir les os, & de &c.*

riences fort curieuſes, d'où il réſulte, qu'en peu de tems, & avec une petite quantité de charbon, on peut faire de fort bonne gelée, avec les os de bœufs & autres matiéres, dont on ne fait point uſage; qu'on peut cuire les viandes, le poiſſon & les fruits dans leur jus, leur conſerver leur ſuc & un meilleur goût, extraire les teintures de différentes matiéres, amollir les bois durs & l'yvoire, de maniére qu'on puiſſe y imprimer des médailles, &c.

Tous ces avantages que perſonne n'a jamais conteſtés, & que les gens de l'art lui accordent même encore aujourd'hui, portent naturellement à demander pourquoi l'on néglige l'uſage de cette machine. J'avoue que je n'y ſçais point de réponſe, ſinon que les nouveautés les plus utiles ont de la peine à s'introduire, ſurtout quand elles exigent quelque appareil, qui peut fournir un prétexte à notre pareſſe.

UNE des principales propriétés de l'eau, & dont on voit le plus communément les effets, c'eſt de s'introduire dans preſque tous les corps, &

d'en dissoudre un très-grand nombre : à l'exception des matiéres grasses, des résines, & de quelques concrétions ou compositions très-dures, comme sont les crystaux, le verre, &c. elle pénétre toutes les autres; il n'y a de différence que du plus au moins : l'énumération qu'on en pourroit faire, occuperoit ici trop de place, & c'est un détail qui appartient plus à la chymie qu'à la physique : je me bornerai donc à quelques exemples qui m'ont paru plus remarquables que les autres, ou qui sont plus intéressans par l'usage qu'on en peut faire.

Les sels, & sur-tout ceux qu'on nomme *alkalis*, sont de toutes les matiéres, celles qui se dissolvent ou en plus grande quantité ou plus vîte dans l'eau, & dont la solution offre les phénoménes les plus curieux : en voici deux des principaux, & qui me donneront occasion d'en rapporter d'autres : 1ment, un sel que l'on jette dans l'eau s'y dissout en plus ou moins grande quantité, selon la nature dont il est, & le degré de chaleur de l'eau : 2ment, il la refroidit communément.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Que l'on pése séparément une demie-livre de sel marin, & autant de salpêtre raffiné, l'un & l'autre pulvérisé & bien séché; qu'on en mette peu à peu dans deux vases qui contiennent chacun une livre d'eau distillée, & dont le degré de chaleur soit égal, jusqu'à ce qu'enfin ces deux portions d'eau soient rassasiées, l'une de sel marin, l'autre de salpêtre, ce qui s'apperçoit lorsque les grains demeurent au fond sans se dissoudre; & que l'on pése les restans des deux sels pour sçavoir duquel on a employé le plus.

EFFETS.

On trouve plus de salpêtre que de sel marin; & par conséquent on voit que la même eau, à chaleur égale, dissout plus du dernier que du premier.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Si l'on met dans l'eau bouillante

autant de ſel commun qu'elle en peut diſſoudre, & qu'on la laiſſe refroidir enſuite :

EFFETS.

A meſure que l'eau perd ſa chaleur, on voit une partie du ſel tomber au fond ; & ſi on la fait chauffer de nouveau, le ſel qui s'étoit criſtalliſé diſparoît, & rentre dans l'eau.

EXPLICATIONS.

Chaque grain de ſel que nous voyons, eſt un aſſemblage de petits criſtaux que nos yeux, aidés du meilleur microſcope, ne pourroient point appercevoir ſéparément les uns des autres ; ces particules, lorſqu'elles ſont réunies, & qu'elles font maſſe, laiſſent entr'elles des petits intervalles dans leſquels l'eau s'inſinue, par la même cauſe apparemment, qui la fait entrer dans les tuyaux capillaires. Mais comme cette cauſe, telle qu'elle ſoit, eſt plus puiſſante que la force avec laquelle les parties du ſel ſont jointes enſemble, l'eau non-ſeulement ſe gliſſe entr'elles ; mais elle les écarte & les ſépare les unes des au-

tres : alors la maſſe qui étoit viſible diſparoît, & ſes parties déſunies flottent dans le diſſolvant.

Ces particules ſalines, auſſi fines peut-être que celles d'un fluide, enfilent à leur tour les pores de l'eau, & ſe diſtribuent uniformément dans toute la maſſe, dans laquelle, malgré leur excès de péſanteur, elles demeurent ſuſpendues par le frottement, ou par la même cauſe qui les a fait monter. Une preuve que le ſel diſſous ſe loge dans les pores de l'eau, c'eſt que les deux volumes ſe confondent; c'eſt-à-dire, qu'on peut faire fondre dans l'eau une certaine quantité de ſel, ſans que le vaſe qui la contient en ſoit plus plein : il faut donc que les parties de celui-ci n'occupent dans le fluide que des places qui étoient vuides, ou remplies d'une matiére qui n'étoit point de l'eau.

Les parties du ſel s'uniſſant à celles de l'eau, en augmentent la grandeur, & en changent la figure : ces deux cauſes, dont une pourroit ſuffire, rendent le diſſolvant moins propre à entamer de nouvelles maſſes ; & c'eſt par cette raiſon ſans doute que

l'eau ne peut diſſoudre qu'une certaine quantité de ſel.

Mais comme la chaleur augmente la fluidité de l'eau, ſa poroſité & celle du ſel, la diſſolution qui dépend beaucoup de ces conditions, devient plus prompte & plus complette avec l'eau bouillante qu'avec toute autre ; & lorſque le froid vient à reſſerrer les pores, les parties de ſel qui n'y trouvent plus de place, ſe raſſemblent & tombent au fond du vaiſſeau.

Comme la diſſolution dépend encore d'une certaine proportion de grandeurs & de figures entre les parties du diſſolvant, & les pores du corps diſſoluble, & que les ſels dont les parties différent ſuivant l'eſpéce, doivent par cette raiſon avoir des pores fort différens les uns des autres, l'eau ne doit point avoir priſe également ſur tous. Voilà pourquoi peut-être elle diſſout, par exemple, plus de ſel marin que de ſalpêtre.

On peut croire que toutes les parties de l'eau ne ſont point d'une grandeur égale, que ſa poroſité par conſéquent n'eſt point uniforme, & qu'il

y a dans sa masse des interstices plus ouverts les uns que les autres; il est très-probable aussi que certains sels ont des parties assez déliées pour remplir jusqu'aux plus petits pores de l'eau, tandis que d'autres, en se dissolvant, ne peuvent se loger que dans les plus grands : de-là il doit s'ensuivre que l'eau chargée d'un sel, autant que l'analogie ou la proportion des parties le permet, soit encore en état d'en dissoudre quelqu'autre ; aussi voit-on, par exemple, l'eau rassasiée de nitre dissoudre encore un peu de sel marin.

VI. EXPERIENCE.

Preparation.

Dans une chopine ou une livre d'eau bien pure & bien fraîche, il faut mêler 5 ou 6 onces de sel armoniac pulvérisé.

Effets.

A mesure que le sel se dissout, l'eau se refroidit considérablement; ce qu'il est facile d'appercevoir, non-seulement au tact, mais encore mieux, par le moyen d'un thermométre que l'on

tient dans le mélange, & dont on voit baiſſer la liqueur très-ſenſiblement.

EXPLICATIONS.

Le ſel armoniac vient d'Egypte: on le tire de la ſuie des cheminées où l'on a brûlé des excrémens d'animaux mêlés avec de la paille. M. Geofroy qui nous en a appris l'origine, nous a auſſi donné les moyens d'en faire artificiellement, & de nous paſſer à cet égard du commerce étranger *. M. ſon frere, en éprouvant les différens degrés de froid ou de chaud que le mélange des ſels peut faire prendre à l'eau *, remarqua, comme avoit fait Boyle avant lui, que de tous ceux qui la refroidiſſent, il n'y en a point qui ayent autant d'effet, que le ſel armoniac; que ce refroiſſement peut aller juſqu'à faire glacer, non pas l'eau même qui eſt chargée de ſel, mais toute eau pure qui touche le vaſe où eſt le mélange.

* *Mém. de l'Acad. des Sc. 1720. p. 189.*

* *Mém. de l'Acad. des Sc. 1700. p. 110.*

Ce ſçavant Chymiſte attribue ces ſortes d'effets au repos des parties, en ſuppoſant, ſelon l'opinion commune, que la chaleur, dans les corps,

n'eſt autre choſe que le mouvement inteſtin des petites maſſes qui les compoſent. « Ayant établi, dit-il *, » (avec tous les Phyſiciens) que le » froid n'eſt que la diminution du » mouvement, je dis que le refroi- » diſſement que les ſels apportent à » l'eau, me paroît venir de ce que les » parties ſalines étant ſans mouve- » ment, & partageant celui de la li- » queur, le diminuent d'autant, ce » qui produit le refroidiſſement plus » ou moins grand de cette même li- » queur. » Et pour expliquer en particulier pourquoi le ſel armoniac refroidit l'eau plus qu'aucun autre, il ajoute *: » Le ſel armoniac eſt, (com- » me l'on ſçait,) un compoſé de ſel » marin & de ſel d'urine ; l'un très- » aiſé, l'autre très-difficile à diſſou- » dre. Les parties du ſel marin étant » comme empriſonnées entre les par- » ties du ſel d'urine, il arrivera que » beaucoup de parties d'eau pénétrant » d'abord très-promptement les parti- » cules ſalines de l'urine, y perdront » auſſi-tôt beaucoup de leur mouve- » ment; & ce mouvement s'affoibli- » ra d'autant plus, que ces parties

* Ibid. p. 114.

* Ibid. p. 115.

» d'eau rencontreront ensuite des parties salines d'une autre nature, & dont la résistance est beaucoup plus considérable que celle des sels de l'urine; ainsi dans les premiers instans de la dissolution, le mouvement d'une grande quantité de particules aqueuses se trouvant rallenti tout d'un coup très-considérablement par les sels de l'urine, & par le sel marin, excitera dans ces premiers momens un froid bien plus grand que le froid des autres dissolutions des sels, que l'eau ne pénétre pas si promptement. »

Ces explications sont intelligibles; elles n'employent que des causes méchaniques dont on entrevoit au moins la possibilité; mais elles supposent un principe que j'ai peine à admettre, & sur lequel j'ai déja dit ma pensée ailleurs *; rien ne m'engage à croire que les liquides comme tels ayent un mouvement de parties autre que celui qui se trouve dans tous les corps indifféremment, par leur degré de chaleur actuel. Je ne vois donc pas bien pourquoi les parties de sel seroient sans mouvement, ni pourquoi

* *Tom. II. p. 442.*

elles diminueroient celui de l'eau en le partageant. Mais ne pourroit-on pas dire, que par la pénétration réciproque de l'eau dans le ſel, & des parties ſalines dans les pores de l'eau, la matiére du feu eſt expulſée pour quelque tems, ce qui doit rallentir cette eſpéce de mouvement en quoi conſiſte la chaleur, & qui dépend d'elle pour naître & pour ſubſiſter? Ce qui ſemble autoriſer cette conjecture, c'eſt qu'il y a certaines fermentations froides qui exhalent des vapeurs chaudes, & qui ſemblent indiquer par cet effet, que le feu chaſſé avec violence des matiéres qui ſe pénétrent mutuellement, emporte avec lui les parties les plus ſubtiles de ces mêmes matiéres.

APPLICATIONS.

Quelques Auteurs attentifs aux cauſes finales, & occupés du déſir de les faire connoître, conſidérant que la mer eſt ſalée par-tout, & qu'elle l'eſt davantage dans les pays chauds que dans ceux qui ſont plus froids, prétendent que ſans cette précaution, l'Océan n'eût été qu'un grand cloaque

d'eaux corrompues, inhabitable pour tout être animé, & inacceſſible aux hommes. « La divine providence, di-
» ſent-ils, qui veille à la conſervation
» de toutes choſes, ayant donné au
» ſel la propriété d'empêcher la cor-
» ruption, en a mis dans les eaux de
» la mer pour les conſerver ſaines; &
» proportionnant le reméde aux be-
» ſoins, elle a employé ce minéral en
» plus forte doſe, dans les climats où
» l'eau eſt le plus en danger de ſe cor-
» rompre, par la chaleur qui y ré-
» gne. »

Il eſt certain que Dieu a tout fait pour le mieux; & par mille exemples frappans qui ſe préſentent d'eux-mêmes, & que nous ne ſçaurions voir avec aſſez d'admiration & de reconnoiſſance, nous ſommes convaincus que ſa ſageſſe a établi les moyens les plus ſimples & les plus ſûrs, pour conſerver ce bel ordre qui régne dans ſes œuvres, & d'où dépend notre bien être : mais par-tout où ſes deſſeins ne ſe montrent point d'eux-mêmes, je crains toujours de me tromper en eſſayant de les deviner, & de prêter à l'Auteur de la nature des intentions

qu'il n'a point eues, & que la nature même démente lorſqu'elle ſera mieux obſervée. Si le ſel a été mis dans la mer par une main qui ne ſe trompe jamais, comme un préſervatif néceſſaire pour empêcher la corruption ; pourquoi l'eau de la mer ſe corrompt-elle comme d'autres quand on la garde dans des vaiſſeaux fermés ? Pourquoi les grands lacs, & toutes les eaux douces, même des pays chauds, ne deviennent-ils pas des cloaques infectes ? Enfin s'il falloit abſolument que l'eau de la mer fût incorruptible, pour être en état de faire vivre des êtres animés, pourquoi les eaux croupies fourmillent-elles d'animaux ? Etoit-il plus difficile de créer des poiſſons qui puſſent vivre, comme la plûpart de nos reptiles, dans une eau corrompue, que d'en faire naître qui s'accommodaſſent d'une eau ſalée où tous les autres périſſent. Je m'en tiens donc au fait, & je vois que ſelon le réſultat de la 5e expérience, la mer doit être plus ſalée, (comme elle l'eſt en effet,) dans les climats chauds que dans le nord, puiſque l'eau tient d'autant plus de ſel en fuſion, qu'elle

eſt plus chaude. Ce n'eſt pas qu'on ne trouve quelquefois, ſur-tout près des côtes, à l'embouchure des riviéres, & dans les courans, l'eau de la mer plus douce dans un pays chaud, qu'elle ne l'eſt communément dans un climat plus froid : mais ce ſont des cas particuliers qui ont auſſi leurs cauſes à part; & il s'agit ici du général.

Il n'eſt pas douteux que le goût ſalé qu'on trouve à l'eau de la mer, ne vienne du ſel qu'elle contient; on l'en ſépare tous les jours par évaporation dans les marais ſalans qui ſont ſur les côtes d'Aunis, de Bretagne, &c. pour être diſtribué enſuite dans les gabelles du Royaume; & par les expériences de M. le Comte de Marſilli, de MM. Halley, Hales, &c. quoique les réſultats ne ſoient pas tout-à-fait les mêmes, il paroît qu'il y a par livre d'eau environ 4 gros de ſel; c'eſt-à-dire, $\frac{1}{32}$ du poids. Mais on voudroit ſçavoir comment ce ſel ſe trouve dans l'eau de la mer, & comment il s'y entretient toujours à peu près en même quantité : ces deux queſtions n'ont encore fait naître que des conjectures.

L'opinion la plus commune suppose qu'il y a dans le lit de la mer des mines de sel comme on en trouve en divers autres endroits de la terre; que l'eau qui les baigne continuellement s'en charge peu à peu, & que le mouvement distribue cette salûre uniformement dans toute la masse des eaux, Cette supposition n'a rien qui choque au premier aspect; elle est appuyée sur des exemples, & ce n'est pas la détruire que de dire : « Jamais la sonde dont on se sert pour connoître » les différens fonds de la mer, n'a » montré l'existence de ces prétendues mines de sel; » car la sonde ne va point par-tout; & quand elle iroit, ces lits de sel peuvent être aussi durs qu'une infinité d'autre corps qu'elle n'entame point, & dont elle n'apporte jamais d'échantillons. Mais ce qui souffre plus de difficulté, c'est de sçavoir pourquoi de ces mines que la mer couvre & frotte continuellement, il ne s'en dissout que 4 gros par livre d'eau, tandis qu'on sçait d'ailleurs que cette eau même en peut dissoudre beaucoup plus: Quelle est donc la cause qui arrête les progrès de cette dissolution ?

Dira-t-on qu'elle continue toujours pour remplacer le ſel qu'on tire de la mer ?

Un remplacement ſi précis, que la ſalûre ſoit toujours égale, à peu de choſe près, paroît ſuſpect; on ne tire point du ſel de la mer dans toutes les ſaiſons, & cependant la ſalûre eſt toujours la même.

Vaudroit-il donc mieux dire que ces mines ſont épuiſées dès les premiers tems de la création, & que la mer ne diſſout plus de nouveau ſel, parce qu'elle n'en trouve plus à diſſoudre. Mais comment remplacer alors celui qu'on en tire chaque année, pour rendre raiſon d'une ſalûre qui paroît être égale.

J'avoue que cette opinion a bien ſes difficultés auſſi : mais cependant s'il falloit prendre parti pour quelqu'une, ce ſeroit à celle-ci que je donnerois la préférence. Quant au remplacement du ſel, je trouve un moyen de le faire, en conſidérant que celui qu'on extrait de la mer, & qui s'employe ſoit dans nos alimens, ſoit à d'autres uſages, ne s'anéantit point; qu'il n'eſt que diſperſé; qu'étant fixe,

comme on ſçait qu'il l'eſt, il ne peut que ſe répandre à la ſurface de la terre, ou s'y enfoncer peu profondément. Les eaux douces doivent néceſſairement s'en charger; & comme elles vont toutes à la mer, ce ſel qui en étoit ſorti y rentre continuellement: en un mot, il faut admettre cette circulation, ou ſuppoſer que tout le ſel qui ſort de la mer reſte en terre, & augmente la maſſe du continent. Mais quand on fait attention à la prodigieuſe quantité de ſel qui ſe conſume depuis tant de ſiécles, & à l'inſipidité de la terre, cette derniére ſuppoſition perd toute vraiſemblance.

Il eſt vrai que les eaux qui retournent à la mer, paroiſſent inſipides auſſi; mais ce qu'elles contiennent de ſel, ne peut venir que de la conſommation courante, ce qui eſt bien peu de choſe, en comparaiſon de la quantité qui devroit ſe trouver dans la terre, ſi tout y reſtoit. Leur inſipidité même n'en eſt point une abſolument; les perſonnes qui ont le goût délicat, ſçavent bien faire la différence des eaux qu'ils boivent: les eaux couran-

tes deviennent preſque toutes laiteuſes ou troubles, quand on les éprouve avec la diſſolution d'argent; & tout le monde trouvè l'eau diſtillée ſenſiblement plus fade que celle qui ne l'eſt pas; ce ſont autant de raiſons pour croire que l'eau commune, que nous appellons *douce*, ne l'eſt que par comparaiſon à l'eau de la mer, qui eſt beaucoup plus ſalée qu'elle.

Pour ne rien diſſimuler ici de ce qu'on peut objecter contre l'opinion que je défends, je dois obſerver que tout le ſel qui ſe conſume ne vient point de la mer; on en tire beaucoup des mines d'Eſpagne, de Pologne, &c. & des puits ſalés de Franche-Comté, du Languedoc, &c. dont on ſçait que les ſources ne viennent point de la mer: ſi les eaux courantes rapportent le ſel à la mer, ces ſels foſſiles qui lui ſont étrangers, devroient augmenter ſa ſalûre; ainſi la raiſon que j'ai donnée pour faire voir que le ſel de la mer ne doit pas diminuer, ſemble en être une pour croire qu'il doit augmenter, ce qui eſt également contredit par les obſervations.

Cette difficulté eſt fort grande, & je

je ſens bien qu'elle pourroit devenir encore plus ſpécieuſe, ſi elle ſe préſentoit avec un certain appareil de calculs dont elle eſt ſuſceptible ; mais on doit faire attention que tout le ſel qui ſort de la mer, n'y rentre pas ſans déchet, parce que la nature en employe une quantité aſſez conſidérable à la nutrition des animaux, à la végétation des plantes, & généralement à la formation & à l'accroiſſement de tout ce qui augmente en maſſe & en volume, & qu'il en reſte auſſi dans la terre, pour y entretenir les mines de cette eſpéce, ou pour en former de nouvelles : ainſi la mer reprend à peu près la même quantité de ſel qu'on en tire, parce que les eaux courantes y font rentrer une partie de celui qu'on fait dans les marais ſalans, & une partie de celui qui vient des mines : par ce moyen la ſalûre demeure toujours égale, non à la rigueur, mais avec des plus & des moins dont ce ſyſtême ne peut guéres ſe paſſer, & qui ſe trouvent heureuſement d'accord avec les expériences qui ont été faites en differens tems.

Les ſels ſe mêlent aſſez facilement

avec les matiéres grasses ausquelles l'eau ne s'unit qu'avec beaucoup de peine ; c'est pour cela que les lessives enlévent si bien la crasse du linge & les parties huileuses qui ont pénétré les étoffes ; car les molécules de l'eau armées, pour ainsi dire, des parties salines & aiguës de la cendre, entament & détachent la graisse, sur laquelle elles ne feroient que glisser, si elles étoient seules ; & comme le bois flotté, ou qui a été trop longtems dans l'eau, se trouve dépouillé d'une grande partie de son sel, sa cendre ne vaut rien pour les lessives, & l'on a raison de lui préférer celle du bois neuf.

L'union de l'eau avec les matiéres grasses se fait encore bien plus facilement, lorsque le sel qui sert d'interméde se trouve déja uni avec quelque huile ; c'est pourquoi l'on fait pour blanchir le linge, une espéce de pâte qu'on nomme *savon*, & qui est principalement composée d'huile, de suif, & de quelque matiére saline, comme la soude d'Alicant, la chaux vive, ou la cendre de chêne.

Il y a des eaux qui sont naturelle-

ment ſavoneuſes par la nature du terrain où elles coulent, & qui, par cette raiſon, ſont plus propres que d'autres à certains uſages; on croit communément, par exemple, que la petite riviére des Gobelins, contribue beaucoup par la qualité de ſes eaux, à la beauté des teintures qu'on admire dans les ouvrages de cette célébre manufacture: mais on exagére ſouvent ces ſortes de propriétés, en attribuant à la nature d'un pays un mérite qu'on voit avec jalouſie tourner au profit de ceux qui y cultivent certains arts avec diſtinction. (*a*)

Le déſir de boire frais pendant les chaleurs, nous fait faire des proviſions de glace qui ſe conſerve d'une année à l'autre dans des eſpéces de caves fermées de toutes parts, & impénétrables aux rayons du ſoleil; mais il y a des tems & des lieux où l'on n'a point cette commodité, ſoit parce

(*a*) Par ce correctif je ne prétends point dire qu'il n'y ait dans certains terrains ou dans certaines eaux des propriétés qui les diſtinguent; il y a mille exemples qui le prouvent; mais je combats ſeulement l'abus que l'on fait de cette connoiſſance, en attribuant ſouvent à la nature ce qui eſt dû à l'art ou à l'induſtrie.

qu'il n'y fait point assez froid pour convertir l'eau en glace, soit parce qu'on manque de glaciére pour la serrer. La 6e expérience nous fournit un moyen d'y suppléer : il n'y a guéres d'endroits où il n'y ait un puits ou quelque souterrain qui ait 25 ou 30 pieds de profondeur. A une telle distance de l'air extérieur, j'ai éprouvé plusieurs fois avec un thermométre, que la température, dans toutes les saisons de l'année, est à peu près de 8 ou 10 degrés au-dessus du terme de la congélation ; si l'on y descend du sel armoniac dans un vaisseau bien fermé, & de l'eau dans une bouteille ; que l'on retire l'un & l'autre une heure après, pour mêler ensemble une partie de sel contre deux d'eau ; ce mélange sera presque aussi froid que la glace, & l'on y pourra faire également rafraîchir sa boisson. J'avoue que cette maniére de suppléer à la glace est un peu chére ; car le sel armoniac vaut à peu près 40 sols la livre ; mais je ne l'offre qu'à ceux qui ne se contenteroient pas de rafraîchir simplement leur vin dans l'eau de puits ; il est juste que leur sensualité leur coute quelque chose.

On peut encore, (mais ceci n'eſt que de pure curioſité,) par la ſolution du ſel armoniac, parvenir à un refroidiſſement capable de glacer de l'eau pure. Voici comment il faut procéder à cet effet. Prenez de l'eau la plus fraîche que vous pourrez avoir, du ſel armoniac pulvériſé qui ſoit rafraîchi de même; & placez-vous pour cette opération dans un lieu où il régne le moins de chaleur qu'il ſera poſſible: faites un premier mélange ſelon la doſe marquée ci-deſſus, & en telle quantité que vous y puiſſiez faire refroidir dans deux vaiſſeaux ſéparés, environ 8 onces d'eau d'une part, & de l'autre 4 onces de ſel armoniac en poudre, dont vous ferez enſuite un ſecond mélange; ſi vous y plongez pendant quelques minutes un petit tube de verre fort mince & rempli d'eau pure, vous le retirerez tout glacé; & vous remarquerez autour du vaſe qui contient le ſel & l'eau, une eſpéce de frimas ſemblable à celui qu'on voit aux vaiſſeaux dans leſquels on mêle du ſel avec de la glace, pour faire des congélations artificielles dans les offices.

S'il se trouvoit donc quelques couches ou quelques veines de terre, où il y eût une matiére de la nature du sel armoniac, l'eau qui y passeroit, & qui la mettroit en dissolution, ne se geleroit pas, mais elle pourroit faire geler l'eau des environs, dans un tems même, où il ne geleroit point ailleurs. C'est ainsi qu'on avoit expliqué certaines merveilles qu'on débitoit touchant la grotte de Besançon; mais M. de Cossigny qui l'a examinée depuis avec toute l'attention dont on sçait qu'il est capable, & avec le seul désir de découvrir la vérité, n'y a rien vû d'aussi extraordinaire qu'on l'avoit dit. L'explication dont on avoit fait les frais ne sera pas perdue pour cela; on dit qu'il se fait souvent dans les Indes des congélations qui ressemblent beaucoup à celles qu'on racontoit de la grotte de Besançon; peut-être que dans la quantité il s'en trouvera quelqu'une de réelle: en tout cas c'est un phénoméne expliqué par avance; car s'il n'est pas, il est possible qu'il soit.

❧

SECONDE SECTION.

De l'Eau considérée dans l'état de vapeur.

LOrſqu'un vaſe contient de l'eau plus chaude que l'air qui l'environne, le feu qui s'en exhale emporte avec lui les parties de la ſurface qui ſe trouvent expoſées à ſon choc; ces petites maſſes ainſi détachées s'élévent ou s'étendent, tant par l'impulſion qu'elles ont reçues, que par la ſuccion de l'air qui fait l'office d'une éponge: & elles forment cette eſpéce de fumée qu'on nomme *vapeur*, & qui eſt d'autant plus épaiſſe qu'elle eſt reçue dans un air plus froid & plus capable de la condenſer. C'eſt ainſi que nous voyons fumer l'hyver, l'eau fraîchement tirée d'un puits; l'été nous n'appercevons pas le même effet; car lorſque la chaleur de l'atmoſphére eſt plus grande que celle du puits, le feu, bien loin de s'exhaler de l'eau, y entre au contraire; & quand il s'en éleveroit quelque vapeur, la chaleur

qui régne dans l'air, ne feroit que la ſubtiliſer & la dérober à la vûe.

Ce qui prouve bien que le départ des vapeurs eſt cauſé par l'impulſion du feu qui s'exhale, c'eſt qu'elles ſuivent, en partant de la maſſe, la même route que lui. Car on ſçait qu'un corps chaud qui ſe refroidit dans l'air, tranſmet ſa chaleur de toutes parts ; & s'il eſt couvert d'un linge mouillé, la vapeur qu'il fait naître, s'étend auſſi dans toutes ſortes de directions.

La vapeur de l'eau n'eſt point une liqueur ; c'eſt un fluide qui a quelques propriétés particuliéres, & très-remarquables. Elle n'eſt pas ſenſiblement plus chaude que l'eau d'où elle ſort, lorſqu'elle paſſe librement dans l'air de l'atmoſphére ; mais quand elle eſt retenue dans un vaiſſeau fermé de toutes parts, elle reçoit, comme l'eau, des degrés de chaleur, dont on n'a point encore oſé eſſayer de trouver les bornes, à cauſe du danger auquel on s'expoſe en faiſant ces ſortes d'expériences. On ſçait déja cependant que l'eau, ou ſa vapeur, miſe à l'épreuve du feu dans la marmitte de Papin, devient aſſez chaude, pour

fondre

fondre l'étain & le plomb, ce qui a fait dire à d'habiles Physiciens * que l'eau seroit peut-être capable de devenir aussi ardente que le cuivre ou le fer fondu.

* Boerhaave Elem. Chem. part. II. p. 327. Musch. Ess. de Phys. p. 434.

Mais ce qu'on admire le plus dans la vapeur de l'eau, c'est sa prodigieuse dilatabilité qui surpasse incomparablement celle de l'air, & celle de l'eau; car nous avons fait voir précédemment que celle-ci ne se dilate que d'$\frac{1}{26}$ depuis le moment où elle cesse d'être glace, jusqu'à celui où elle commence à bouillir, & nous avons prouvé dans la dixiéme Leçon que, pour augmenter des deux tiers le volume de l'air, il falloit une chaleur capable d'amollir le verre; mais l'expérience qui suit, prouvera qu'avec une chaleur bien moindre, l'eau réduite en vapeur prend un volume 13000 ou 14000 fois plus grand que celui qu'elle a en état de liqueur.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut faire choix d'une boule creuse de verre fort mince, garnie d'un tube, à peu près comme les verres des ther-

mométres ordinaires ; y faire entrer une goute d'eau, dont le volume par eſtimation, ſoit à celui de la boule, à peu près dans le rapport de 1 à 14000, ce qu'on trouve aiſément par la comparaiſon des diamétres. Il faut enſuite chauffer fortement cette boule, en la tournant doucement audeſſus d'un réchaud ardent, pour réduire la goute d'eau en vapeur, & tremper promptement le bout du tube dans un verre plein d'eau, que l'on aura purgée d'air. *Voyez les Fig.*4. *&* 5.

EFFETS.

Quelques inſtans après cette immerſion, l'eau monte précipitamment, & remplit preſqu'entiérement la boule.

EXPLICATIONS.

La goute d'eau qui ſe dilate par l'action du feu, & qui s'étend en vapeur, chaſſe l'air qui eſt renfermé avec elle dans la boule ; mais lorſqu'elle vient à ſe refroidir, & à reprendre ſon premier volume, la place qu'elle n'y occupe plus, devient un vuide, où le poids de l'atmoſphé-

re qui pése sur la surface du vase *G*, *Fig.* 5. fait monter subitement autant d'eau, qu'il en est sorti d'air.

Le volume d'eau qui s'éléve ainsi, indique donc celui de l'air qui a été chassé, & celui-ci étant connu, montre celui de la vapeur à qui il a fait place; si l'eau qui monte occupe toute la boule, c'est une marque que cette boule avoit été remplie par la goute d'eau réduite en vapeur; & si la boule est 14000 fois plus grosse que la goute d'eau, il est évident que la vapeur a pris un volume qui égaloit 14000 fois celui de la goute.

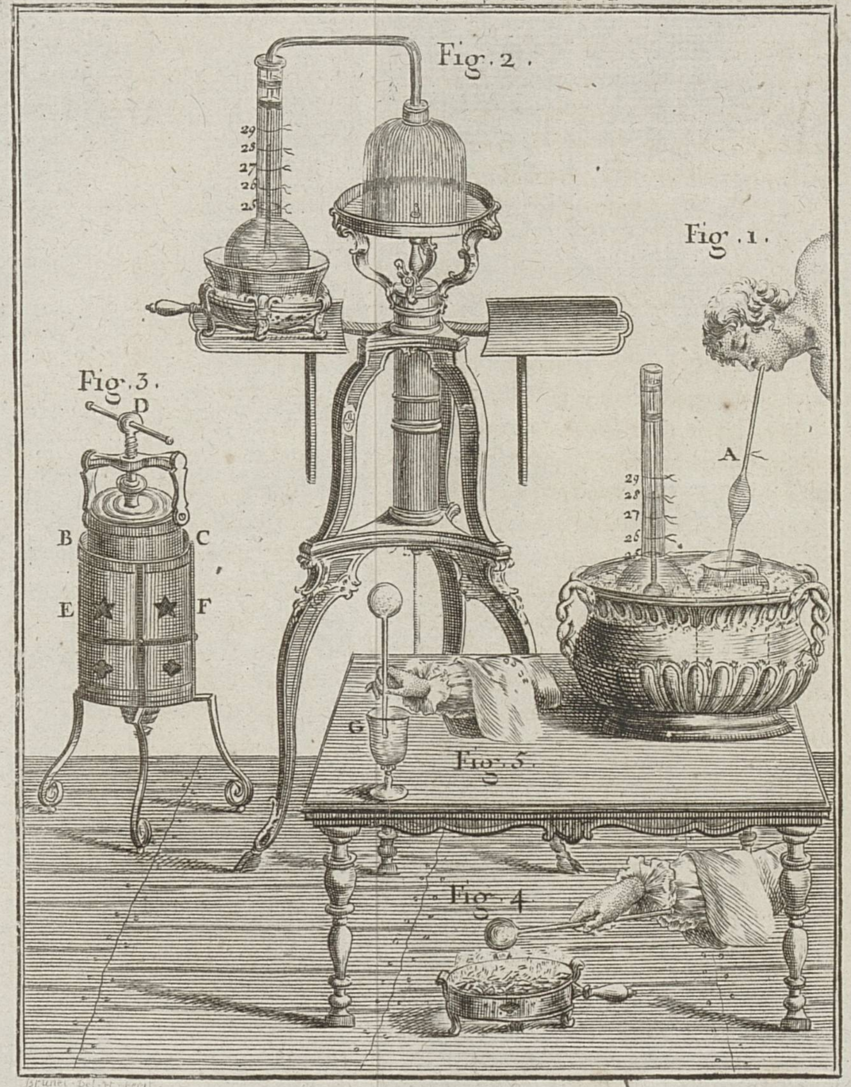
Cette expérience seroit fort délicate, s'il s'agissoit d'avoir exactement le rapport des volumes; mais pour faire connoître que la vapeur de l'eau est prodigieusement dilatable, un à peu près tel que celui-ci est plus que suffisant.

Je me sers d'eau purgée d'air, pour plonger le tube & pour avoir un volume d'eau qui exprime celui de l'air qui est sorti de la boule; sans cette précaution, dès que l'eau entre dans la boule vuide, elle se désaisit de son air, & ce fluide se tenant tou-

jours au-dessus d'elle à cause de sa légéreté, remplit lui-même une partie de la place, & empêche qu'il n'entre dans la boule autant d'eau qu'il en est sorti d'air, lorsque la vapeur s'est dilatée.

APPLICATIONS.

En parlant de l'air dilaté par l'action du feu, & de l'usage qu'on peut faire de ce principe, pour emplir des vaisseaux dont l'orifice trop étroit ne permettroit pas qu'on se servît d'entonnoir; j'ai dit qu'on ne pourroit par ce moyen remplir qu'imparfaitement les verres des thermométres, & que dans tous les cas où il faudroit que de pareils vaisseaux fussent entiérement pleins, on devoit avoir recours à un autre expédient que j'ai promis de faire connoître; c'est précisément celui par lequel j'ai fait sortir tout l'air de la boule de verre, dans l'expérience précédente; car comme les vapeurs sont plus dilatables que l'air, si l'on fait d'abord entrer quelques gouttes de la liqueur dans le verre, & qu'on les convertisse en vapeurs; si l'on plonge aussi-tôt le tube dans l'es-


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4
Fig. 5.
A
B
C
D
E
F
G
29
28
27
26
25
Brunet Del. et sculp.

prit de vin préparé, le verre du thermométre ſera bien-tôt plein. Car ce n'eſt pas ſeulement la vapeur de l'eau qui ſe dilate ainſi, toutes les autres matiéres ſolides ou liquides ſont capables des mêmes effets, quand on les convertit en vapeurs ; ainſi les thermométres qu'on fait avec du mercure, & dont les tubes ſont capillaires, s'empliſſent de la même façon, & ſi l'on vouloit en faire d'huile, on pourroit s'y prendre de même.

Quand la vapeur qu'on dilate n'a pas de quoi s'étendre, elle fait effort contre tout ce qui lui réſiſte, & cet effort peut vaincre des obſtacles aſſez conſidérables.

VIII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

H, *Fig*. 6. eſt une petite poire creuſe de métal, dans laquelle on met un peu d'eau, & dont l'orifice eſt fermé avec un petit bouchon de liége qui le remplit bien exactement, mais qui n'y eſt point pouſſé à force. Cette petite poire eſt montée ſur un bâtis fort léger, au milieu duquel on a pratiqué

une lampe d'eſprit de vin, & le tout eſt mobile comme un petit charriot à trois roues ; on place cet inſtrument ſur un plan bien droit & uni, & l'on met le feu à la lampe pour échauffer la poire.

EFFETS.

Quelques inſtans après qu'on a allumé la lampe, le bouchon de la poire ſaute avec éclat, la vapeur de l'eau ſort impétueuſement, & toute la machine recule en roulant.

EXPLICATION.

Le feu qui échauffe la petite poire, fait bouillir le peu d'eau qu'elle contient, & la réduit en vapeurs qui ſe dilatent, & qui font dans tout l'intérieur du vaiſſeau un effort ſemblable à celui d'un reſſort qui tend à ſe débander : lorſque cet effort augmente juſqu'à un certain point, il fait ſauter le bouchon, la vapeur qui ſort bruſquement, pouſſe l'air avec plus de vîteſſe qu'il ne peut céder, & ſe trouvant par-là appuyée comme ſur un point fixe qui ne tient point à la machine, elle porte ſon effort contre le fond

de la poire qui lui obéit en reculant, parce qu'elle eſt portée ſur un bâtis qui eſt mobile. C'eſt ainſi que ſe fait le recul des armes à feu; c'eſt auſſi à peu près de même qu'une fuſée s'éléve, lorſqu'on a mis le feu à la partie inférieure, comme je l'ai expliqué *, en parlant du choc des corps à reſſort.

* Tom. I. p. 360, & ſuiv.

APPLICATIONS.

Lorſqu'on rafraîchit les canons après pluſieurs coups tirés, il arrive ſouvent que l'écouvillon qu'on fait entrer dans la piéce, pour la mouiller, eſt promptement & vigoureuſement repouſſé : c'eſt que le métal échauffé convertit en vapeurs l'eau qu'on y porte, & quand l'écouvillon remplit trop exactement le calibre, cette vapeur dilatée le chaſſe dehors, avec une force ſupérieure à celle des Canoniers qui font ce ſervice.

Quand un Cuiſinier jette dans la friture, (ſur-tout ſi elle eſt trop chaude,) du poiſſon, ou quelques légumes humides, on entend pétiller pendant quelque tems, & l'huile bouillante ſaute quelquefois aux mains & au viſage de ceux qui s'en tiennent trop

près. Ces effets viennent de ce que les matiéres graſſes prennent beaucoup plus de chaleur que l'eau n'en peut ſupporter ſans s'évaporer; lorſque les parties de celle-ci entrent dans la friture, elles ſont d'abord transformées en vapeurs, qui ſe dilatent ſubitement, & qui font jaillir de toutes parts l'huile qui les enveloppe : & comme ces ſortes d'exploſions ſe font entre le fond de la poile & l'air qui péſe deſſus, l'une & l'autre en ſont frappés, & retentiſſent avec éclat.

Mais ces accidens (qui pourroient pourtant devenir fâcheux) ne ſont rien, en comparaiſon de ceux auxquels s'expoſe un fondeur qui coule ſa matiére dans un moule qui n'eſt pas bien ſéché ; combien de fois n'a-t-on pas vû manquer des entrepriſes conſidérables, & la fonte s'élever, ou ſe répandre comme un torrent de feu, au grand danger des ſpectateurs. Le plus ſouvent ces triſtes effets viennent d'une vapeur humide, dilatée par le métal embraſé, qui créve les formes pour ſe faire jour, & qui chaſſe devant elle tout ce qui s'oppoſe à ſon paſſage.

Quelques Auteurs ont déja dit que

la force prodigieuſe, que l'on eſt toujours ſurpris de voir dans la poudre à canon, ne vient point tant de l'air qu'elle contient, ou qui ſe trouve logé entre les grains, que de la grande dilatabilité de ſa propre matiére; & ce ſentiment me paroît très-plauſible: car en effet quand le feu embraſe une charge de poudre, qu'y fait-il autre choſe, quel changement y apporte-t-il, ſinon de convertir en vapeurs le ſoufre & le ſalpêtre, qui ſont en conſiſtance de ſolide? mais ces vapeurs ne ſont pas ſitôt formées, que le même feu qui les a fait naître, continuant ſon action, les dilate autant qu'elles ſont dilatables, ou autant que le peut permettre l'obſtacle qui les retient, par la durée de ſa réſiſtance: c'eſt donc en général au fluide embraſé qui ſe dilate, que ces prodigieux efforts doivent être attribués; mais l'air n'en fait qu'une partie de ce fluide, & ce n'eſt ni la plus grande ni la plus dilatable; il eſt donc vraiſemblable que le plus grand effort ne vient pas de lui.

Ces petites ampoules de verre qu'on fait créver en les jettant au

feu, font beaucoup plus d'éclat, lorsqu'on joint quelques goutes d'eau à l'air qu'elles renferment ; car alors le verre ne pouvant point s'échauffer assez pour s'amollir, non seulement il donne le tems à l'air de se dilater avec plus de force, comme on l'a dit, en parlant de l'action du feu sur ce fluide ; mais la goute d'eau se mettant en vapeur plus dilatable que l'air même, fait une éruption plus violente. Les œufs de poisson qu'on jette sur des charbons ardens, sont des petards naturels à peu près de cette espéce, & qui crévent par la même raison ; car c'est toujours une matiére renfermée sous une enveloppe dure & difficile à rompre, qui se dilate par l'action du feu.

Il parut en 1695. un petit ouvrage de M. Papin, alors Professeur de Mathématiques dans l'Université de Marbourg, touchant plusieurs nouvelles machines qu'il avoit inventées, & parmi lesquelles il proposoit la construction d'une nouvelle pompe, dont les pistons seroient mis en mouvement par la vapeur de l'eau bouillante, alternativement dilatée & condensée,

Cette maniére d'élever l'eau, imaginée & publiée dès-lors, fut proposée encore depuis, & même exécutée par M. Dalesme qui fit voir en 1705. à l'Académie des Sciences une machine par laquelle il faisoit jaillir l'eau à une grande hauteur, sans employer d'autre puissance que le ressort de cette vapeur dilatée par le feu. * Enfin les Anglois usant de ce principe, & peut-être de l'application qu'on en avoit déja faite, (car M. Papin étoit membre de la Societé Royale, & son ouvrage étoit public;) en firent une pompe qu'ils employerent avec succès dans les travaux publics, & que nous avons nous-mêmes imitée : c'est par le moyen de cette admirable machine, qu'on desséche les mines de Condé en Flandres : M. Belidor dans son Architecture Hydraulique fait une ample & élégante description de la maniere dont elle est construite, de ses usages, & de ses produits; c'est là qu'il la faut étudier pour en connoître toutes les parties & tous les avantages; je me contenterai de faire voir ici seulement une application du principe, dans une ma-

* *Hist. de l'Acad. des Sc. 1705. pag. 137.*

chine toute ſimple, & ſans piſtons.

AB, *Fig.* 7. eſt une caiſſe plus longue que large, garnie de plomb pardedans, & remplie d'eau à peu près juſqu'à moitié: *CD* ſont deux montans élevés ſur la caiſſe pour ſoutenir une auge *E* qui eſt auſſi doublée de plomb. *FG* eſt un petit fourneau de métal dans lequel il y a une lampe d'eſprit de vin, & qui porte une bouilloire *HI*, qu'on emplit d'eau environ à moitié, par un trou qui eſt enhaut, & qu'on ferme enſuite avec un bouchon à vis *K*, ſous l'épaulement duquel on enferme des anneaux de papier mouillé. *LM*, eſt un cylindre de verre creux, garni haut & bas d'un fond de métal qui s'applique avec des anneaux de cuir interpoſés, pour empêcher toute communication du dedans au dehors, par les bords du verre; celui d'en-bas *M* porte un tuyau ouvert de part & d'autre, dont un bout eſt plongé dans l'eau de la cuvette, & l'autre qui eſt garni d'une ſoûpape, répond à la partie inférieure du cylindre de verre. Le fond d'en-haut *L* porte un robinet dont la clef percée ſelon ſon axe, & ſelon

un de ses rayons, fait communiquer le vaisseau cylindrique *L M*, que l'on emplit d'eau seulement pour la premiere fois, tantôt avec le canal *N* qui aboutit à la bouilloire, tantôt avec celui qui joint le tuyau montant *O P*.

La lampe étant donc allumée, dès que l'eau vient à bouillir, & que les vapeurs sont dilatées dans la partie supérieure de la bouilloire; si, tournant la clef du robinet, on les laisse passer dans le vaisseau *L M*, elles s'y étendent, & en chassent toute l'eau qui y est, par le tuyau montant *O P*; alors si l'on tourne la clef du robinet, de maniere qu'il y ait communication entre la boête cylindrique & le canal *Q* qui aboutit au tuyau montant, il y tombe quelques goutes d'eau froide qui condensent la vapeur, c'est-à-dire, qui la réduisent à un si petit volume, que le vaisseau peut être réputé vuide; aussi-tôt le poids de l'atmosphére qui agit par le trou *M* sur l'eau de la caisse, y porte de l'eau, & le remplit, comme nous avons vû qu'il est arrivé à la boule de verre de la septiéme expérience; cette eau est chassée comme la premiere, dès qu'on

laiſſe rentrer la vapeur; & cette vapeur fait encore place à de nouvelle eau, dès qu'on la condenſe, en retournant la clef pour emprunter quelques goutes d'eau froide du tuyau montant. Par ces alternatives réitérées, on épuiſeroit la caiſſe, & l'on rempliroit l'auge d'en-haut; mais pour faire durer le jeu de la machine plus long-tems, on a pratiqué un tuyau de décharge *R S*, qui raméne l'eau à ſa premiere ſource.

Il y auroit du danger pour ceux qui ſont occupés au ſervice de ces ſortes de pompes, s'ils ſe laiſſoient ſurprendre par une dilatation trop violente des vapeurs; c'eſt pourquoi l'on y pratique un petit ſoûpirail *H*, ſur lequel on met une ſoûpape chargée d'un poids qui fait moins de réſiſtance que la bouilloire n'eſt capable d'en faire; afin que ſi la vapeur devient trop forte, elle trouve une iſſue qui la ralentiſſe, avant qu'elle puiſſe faire crever le vaiſſeau.

On ne peut pas nier que la pompe à feu ne puiſſe être très-utile, & que ſon ſervice ne ſoit fort sûr, puiſqu'on en eſt convaincu par l'expérience mê-

me ; mais il en eſt d'elle comme de toutes les machines, qu'il faut toujours employer dans des circonſtances convenables ; car ſouvent celle qui eſt bonne dans un cas, eſt mauvaiſe dans un autre. Les Anglois ont employé d'abord la pompe à feu dans leurs mines de charbon ; elle a réuſſi parfaitement, & on en continue l'uſage : ils l'ont établie à Londres pour diſtribuer l'eau de la Tamiſe, dans les différens quartiers de la Ville ; ils ont été obligés de l'abandonner : pourquoi cette différence ? C'eſt que cette machine dépenſe beaucoup en feu, & qu'elle enfume tous les environs ; ces deux inconvéniens ſe ſouffrent aiſément dans les lieux découverts où la fumée ſe diſſipe, & dans des mines de charbon, où le feu ne coûte preſque rien à entretenir ; mais dans le centre d'une Capitale, cela eſt tout différent.

Il y a toute apparence que Papin, qui paroît avoir imaginé le premier de faire ſervir la vapeur de l'eau comme un nouveau principe de mouvement, a été conduit à cette penſée, par l'uſage de ſon *digeſteur* dont j'ai fait mention ci-deſſus ; car toutes les

fois qu'on lâche la vis qui arrête le couvercle, avant que le vaisseau soit suffisamment refroidi, la vapeur le chasse très brusquement, & sort elle-même avec impétuosité. Mais l'effet de l'Eolipile, si connu long-tems auparavant, auroit dû apprendre plutôt de quelle force est capable une vapeur dilatée, & ce qu'on peut attendre de son effort, si les Physiciens se copiant les uns les autres ne se fussent fait comme une habitude d'attribuer à la dilatation de l'air ce qui appartient véritablement à celle de la vapeur de l'eau, ou de la liqueur qu'on fait bouillir dans cet instrument.

On appelle *Eolipile*, une poire creuse de métal, dont la queue *T*, est un canal fort étroit; on y fait entrer en la chauffant, comme on l'a dit en plusieurs endroits ci-dessus, de l'eau ou quelqu'autre liqueur qui remplisse la moitié, ou tout au plus les deux tiers de sa capacité : on la place ensuite comme une caffetiére sur des charbons ardens, & l'on pousse le feu jusqu'à ce qu'elle souffle violemment, par le petit canal de sa queue. *Voyez la Fig.* 8. Ensuite on renverse

l'éolipile

l'éolipile, en continuant de le chauffer avec le réchaud qu'on incline un peu ; & aussi-tôt la liqueur en sort en forme de jet qui monte quelquefois à la hauteur de 25 pieds. Si cette liqueur est de l'eau-de-vie, on peut rendre le spectacle plus agréable, en présentant à quelques pouces au-dessus de la naissance du jet, un flambeau allumé ; car alors la liqueur s'emflamme & forme un jet de feu, *Fig.* 9.

Dans tout ceci, où est l'action de l'air ? Est-ce dans ce premier souffle qui devient si violent lorsque la liqueur commence à bouillir, *Fig.* 8 ? Pour se convaincre que ce n'est qu'une vapeur, il n'y a qu'à présenter un verre plein d'eau, de façon que l'orifice par où elle sort soit un peu plongé, & l'on verra qu'il n'en vient que très-peu, ou point de bulles d'air. Est-ce dans la sortie précipitée du jet, *Fig.* 9. comme si c'étoit l'effet de l'air qui se dilate dans la partie la plus élevée de l'instrument ? Mais cet air est-il plus chaud alors qu'il n'étoit l'instant avant, lorsque la poire étoit droite ? N'a-t-il pas pris toute sa dilatation, avant qu'on renverse l'instrument ? Et

s'il pouvoit ſe dilater encore, pourroit-on lui attribuer la violente éruption de la liqueur, quand on ſçait que le degré de chaleur qu'il a alors, ne peut augmenter ſon volume que d'un tiers, à commencer même d'un état au-deſſous de celui qu'il a communément dans l'atmoſphére, comme je l'ai prouvé dans la 10e Leçon *? N'eſt-il pas bien plus vraiſemblable, & comme démontré, que la liqueur eſt chaſſée par ſa propre vapeur, qui occupe la partie la plus élevée du vaiſſeau parce qu'elle eſt plus légére, & qui la preſſe de ſortir parce que continuant de s'échauffer & de ſe dilater, elle tend toujours à s'étendre? je ne crois pas que cette explication puiſſe être conteſtée, après les expériences qu'on a vûes précédemment.

* Tom. III. pag. 250.

Une des grandes vertus de l'eau, & que perſonne n'ignore, c'eſt qu'elle ſert à éteindre le feu, pourvû cependant qu'elle ne ſoit pas convertie ſubitement en vapeur : car la vapeur mêlée à l'air eſt un milieu élaſtique, dans lequel les matiéres enflammées peuvent continuer de brûler, àmoins qu'étant retenu par des obſtacles, ſon

reſſort ne prenne un degré de tenſion trop conſidérable. On voit des preuves de cette reſtriction aux incendies qui naiſſent dans des lieux fermés, comme dans les caves, d'où la fumée, & en général les vapeurs, ne peuvent ſortir librement ; le feu, comme on ſçait, s'y étouffe de lui-même, ou n'y fait que des progrès fort lents. Mais quand l'eau qu'on jette ſur le feu, eſt en ſuffiſante quantité ; qu'elle ne s'évapore pas ſur le champ ; en un mot, quand elle ſubſiſte plus long-tems en liqueur, que l'embraſement ne peut durer aux ſurfaces qu'elle touche, elle ne manque guéres de produire l'extinction qu'on en attend, Car on doit conſidérer alors le corps enflammé, & l'eau dont on l'arroſe, comme ne faiſant qu'un. Mais ce liquide n'eſt ſuſceptible en plein air que d'un certain degré de chaleur, beaucoup inférieur à celui qu'il faut pour brûler les autres corps ; aucun mixte enduit d'eau ne peut donc reſter enflammé, parce que l'eau avec laquelle il faudroit qu'il pût s'embraſer, n'eſt point inflammable ; il en eſt tout autrement des liqueurs graſſes

qui peuvent, avant que de s'évaporer, devenir aſſez chaudes pour brûler le bois, fondre l'étain, &c.

En 1721 il ſe répandit un bruit, qu'en Allemagne, il y avoit quelques particuliers qui ſçavoient éteindre les incendies, par le moyen d'une certaine poudre dont ils y jettoient un paquet. Quelle attention ne devoit-on pas donner à un ſecret auſſi important! des paquets de cette poudre devoient être des proviſions qu'on pouvoient avoir & garder par-tout, & qui devoient ſe porter bien plus aiſément que de l'eau aux édifices les plus élevés, &c. mais quelle défiance ne devoit-on point avoir auſſi d'une merveille ſi ſinguliére, & annoncée de loin! Auſſi raiſonna-t-on de cette nouvelle bien différemment. Ceux qui ne ſçavoient rien des effets de la nature & de l'art, ſinon qu'on exagére ſouvent par de faſtueuſes promeſſes les découvertes que fait l'eſprit humain en étudiant l'une, & en cultivant l'autre, n'en voulurent rien croire abſolument; les autres, qui en ſçavoient aſſez pour douter, ſuſpendirent leur jugement, & ſe mirent

même en devoir de deviner le ſecret. L'affaire en étoit là en 1722, lorſque deux Allemands vinrent en France, pour y faire des expériences qui devoient conſtater la réalité de ce qui avoit été annoncé à ce ſujet dans les nouvelles publiques. On peut voir par un rapport bien circonſtancié qu'en fit M. de Réaumur à l'Académie *, comment & en préſence de qui elles furent faites, & juſqu'à quel point elles réuſſirent. Il me ſuffira de dire ici que le ſecret conſiſtoit, à faire rouler ou gliſſer au milieu de l'embraſement un tonneau plein d'eau, au centre duquel étoit une boëte de fer blanc qui contenoit quelques livres de poudre à canon. Le feu prenoit à cette poudre par le moyen d'une méche & d'un tuyau, qui traverſoit un des fonds du baril, & qui aboutiſſoit à la boëte de métal ; l'exploſion de la poudre faiſoit tout crever, jettoit l'eau de toutes parts ſur les matiéres enflammées, & faiſoit ceſſer la flamme.

* *Mém. de l'Acad. des Scienc.* 1722. *pag.* 143.

On voit déja par ce récit abrégé, combien il y avoit à rabattre de l'idée trop avantageuſe que le bruit pu-

blic auroit pû faire prendre de cette invention. Ce n'étoit plus un paquet qu'un homme pût jetter avec la main par-tout où le feu auroit pris ; c'étoit un tonneau plein qu'il eût été assez difficile de porter à quelque édifice élevé : de l'aveu même de ceux qui avoient intérêt de faire valoir ce mystérieux tonneau, (car il fallut le deviner ;) ce moyen n'étoit efficace que dans des lieux clos & de peu d'étendue ; & l'expérience fit voir à tous les spectateurs un peu intelligens, que tout ce qu'on en pouvoit attendre, c'étoit d'appaiser la flamme, & de rendre l'embrasement accessible, ce qui est encore un avantage assez considérable ; ainsi quoique cette invention n'ait point un mérite aussi étendu qu'on l'attendoit, ou qu'on l'avoit promis, elle peut être employée avec succès dans plusieurs cas : & d'ailleurs on peut dire qu'elle est fort ingénieuse, puisqu'elle rassemble en elle toutes les maniéres connues d'éteindre le feu ; une forte commotion qui disperse la flamme, & qui la sépare de son aliment ; une raréfaction d'air qui suffiroit seule pour étein-

dre le feu, ſi elle duroit aſſez, & une diſtribution bien ménagée de l'eau, qui attaque en même-tems une très-grande quantité de ſurfaces, à peu près comme pourroit faire un arroſoir.

Les éruptions des volcans ſont ſi terribles, les forces qui remuent ainſi les entrailles de la terre ſont ſi fort au-deſſus des mouvemens ordinaires dont nous connoiſſons l'origine, que ces prodigieux effets nous paroiſſent toujours plus grands que les cauſes phyſiques auxquelles nous les attribuons: cette diſproportion apparente, qui ôte toujours aux conjectures les plus raiſonnables une grande partie de leur vraiſemblance, ne viendroit-elle pas de ce que nous n'enviſageons ces cauſes que par parties, lorſqu'il s'agit d'expliquer un effet qui eſt le produit de pluſieurs enſemble? Les matiéres calcinées & les flammes que vomiſſent ces grands fourneaux, annoncent viſiblement des fermentations & des efferveſcences, un embraſement ſouterrain. M. Amontons a prouvé d'ailleurs, que la force élaſtique de l'air dilaté par la chaleur eſt d'autant plus grande, que

ce fluide eſt plus comprimé. Dans ces bouleverſemens qui arrivent à certaines parties de notre globe, ne conſidérons donc pas ſeulement une fermentation qui prend feu, & qui fait bouillir, pour ainſi dire, les matiéres ſulfureuſes & ſalines qui ſe ſont mêlées, mais encore des volumes d'air chargés d'une maſſe énorme, & qui tendent à ſe dilater avec d'autant plus de force qu'ils ſont plus retenus. A ces deux premiéres cauſes, joignons-en une troiſiéme qui eſt encore plus puiſſante; c'eſt la dilatation des vapeurs, non-ſeulement des matiéres inflammables, mais encore de l'eau, qui peut ſe rencontrer dans le voiſinage, & qui détermine peut-être par des écoulemens accidentels ces éruptions qui arrivent de tems en tems. Ce n'eſt qu'en conſidérant ainſi le concours de pluſieurs cauſes connues, & en embraſſant même la poſſibilité de pluſieurs autres qui ne le ſont point encore, qu'on peut ôter à ces grands effets l'idée de prodige, par laquelle ils s'annoncent depuis ſi long-tems.

III. SECTION.

De l'Eau considérée dans l'état de Glace.

LOrsque l'eau ne contient pas une quantité suffisante de cette matiére qu'on appelle *feu*, & qui est, comme nous l'avons dit, la cause générale de la fluidité des corps, ses parties se touchant de trop près, perdent leur mobilité respective, s'attachent les unes aux autres, & forment un corps solide, transparent, qu'on nomme *glace*; & ce passage d'un état à l'autre, s'appelle *congélation*. La glace par conséquent est plus froide que l'eau, & son froid augmente de plus en plus, si elle continue de perdre cette matiére déja trop rare ou trop peu active pour la rendre liquide.

Les bornes que je me suis prescrites dans cet ouvrage, & la loi que je me suis faite d'y faire entrer par préférence tout ce qui regarde la partie expérimentale, ne me permettent pas d'entrer dans un plus long détail, sur les causes physiques de la congélation,

& ſur leurs différens progrès ; je m'en diſpenſe avec d'autant moins de regret, que le lecteur y pourra ſuppléer amplement, en jettant les yeux ſur une excellente diſſertation que M. de Mairan a donnée ſur cette matiére *; tout ce que je pourrois entreprendre de mieux, ce ſeroit de l'extraire ; mais elle n'en eſt pas ſuſceptible, parce qu'en diſant tout, elle ne contient rien de trop (*a*). Je m'en tiendrai donc aux phénoménes les plus importans, & aux cauſes les plus prochaines, qui peuvent ſe prouver par des faits.

* Diſſertation *ſur la glace, ou explic. phyſ. &c.*

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut expoſer à l'air, lorſqu'il géle, pluſieurs petits vaſes cylindriques de verre mince, pleins d'eau pure, *Fig.* 10. & obſerver attentivement ce qui s'y paſſe.

EFFETS.

S'il ne géle que foiblement, on remarque d'abord une pellicule de glace

(*a*) Cet ouvrage a été beaucoup augmenté & réimprimé en 1750, ſous le titre de, *Traité ſur la glace.*

très-mince, qui se forme à la surface d'en-haut qui touche immédiatement l'air : ensuite il part des parois du petit vase, des filets qui prennent différentes directions ; & peu à peu il se forme d'autres filets qui joignent & qui coupent les premiers, faisant avec eux toutes sortes d'angles : enfin ces filets se multiplient & s'élargissent en forme de lames, qui augmentant elles-mêmes en nombre & en épaisseur, s'unissent toutes en un même corps. Ce cylindre de glace paroît assez plein & transparent, depuis sa surface extérieure, jusqu'à une certaine distance en-dedans ; mais dans l'axe, & aux environs, il est interrompu par une grande quantité de bulles d'air ; & la surface d'en-haut qui s'étoit d'abord formée plane, se trouve élevée en bosse, & toute raboteuse.

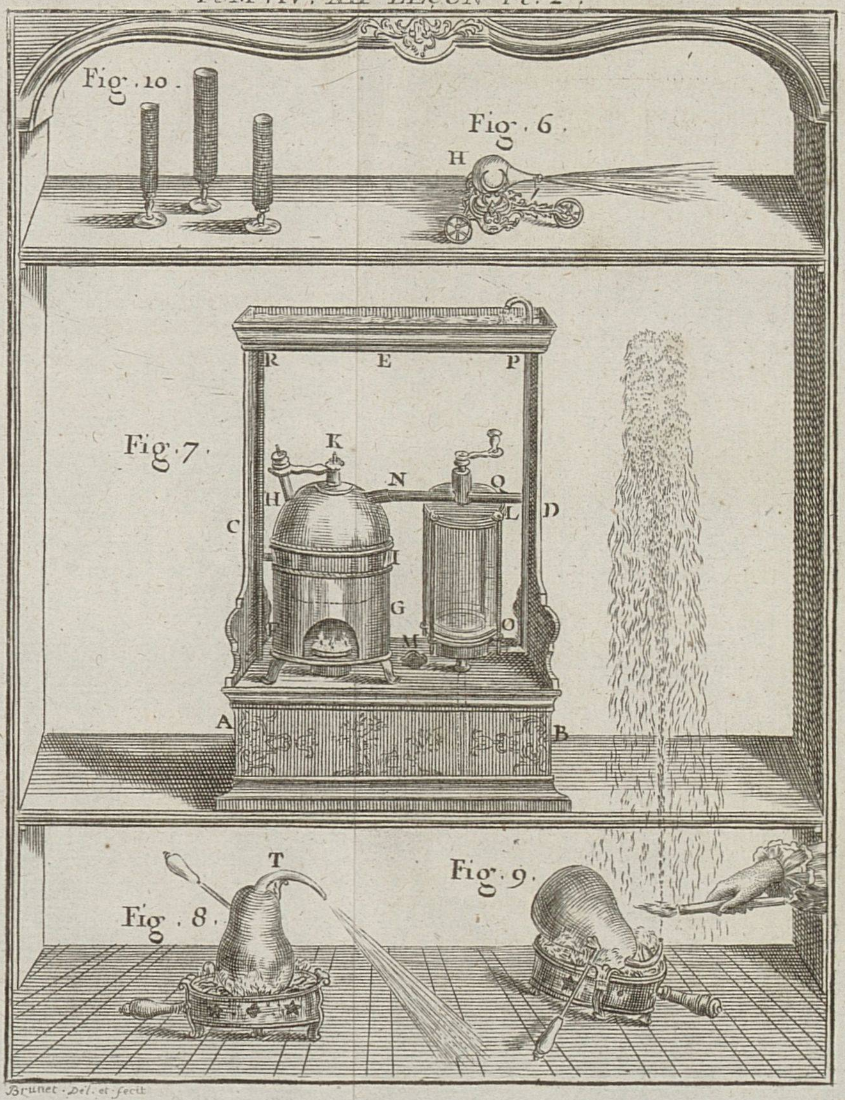
Si la gelée est plus âpre, à peine a-t-on le tems d'observer ces filets & ces lames ; tout se passe plus confusément : les bulles d'air interrompent indifféremment toute la masse, & la rendent opaque : la superficie d'en-haut est fort inégale & convexe, & le verre se casse assez ordinairement.

Si l'on trempe pendant un inſtant le vaſe dans l'eau chaude, pour détacher & en ôter le cylindre de glace; cette glace jettée dans un vaſe plein d'eau froide y ſurnage toujours, ce qui marque inconteſtablement qu'elle eſt plus légére que l'eau.

Quand on veut faire ces expériences dans une autre ſaiſon que l'hyver, on peut faire un froid artificiel, en mêlant du ſel commun avec de la glace pilée dans un vaiſſeau, où l'on puiſſe plonger des tubes de verre mince remplis d'eau : on verra ci-après comment on peut régler les degrés de ce froid artificiel.

EXPLICATIONS.

Lorſqu'il géle dans l'air, la matiére du feu y eſt plus rare, ou moins en mouvement, que dans l'eau qui eſt encore liquide. Le petit vaſe cylindrique étant donc expoſé à la gelée, le feu qui eſt dans l'eau s'évapore, & paſſe dans l'air qui l'environne, juſqu'à ce que ce fluide actif ſe trouve uniformément répandu dans l'un & dans l'autre, à peu près comme l'humidité d'un linge mouillé s'exhale



Brunet. Del. et fecit.

dans l'air qui le touche de toutes parts, juſqu'à ce que l'un & l'autre ſoient également ſecs; l'eau perd donc de ſon feu à proportion de ce qu'il en manque dans l'air environnant : or en hyver, quand il géle, il y a dans l'atmoſphére une grande diſette de feu ; ou (ce qui revient au même,) le mouvement de ce fluide eſt fort rallenti : ce qu'il en reſte dans l'eau en pareil cas ne ſuffit plus pour entretenir la mobilité de ſes parties ; elles retombent donc les unes ſur les autres, & s'arrangent de diverſes façons, ſelon que la matiére qui les déſuniſſoit, s'évapore plus ou moins promptement, & de tel ou tel côté, plutôt que d'un autre.

Mais à meſure que les parties de l'eau s'approchent les unes des autres, leurs pores ſe retréciſſent, & l'air qui s'y trouvoit logé, & qui ne peut plus tenir dans ces interſtices, dont la capacité diminue de plus en plus, ſe réunit en globules ſenſibles, & demeure enfermé dans la maſſe qui eſt déja devenue ſolide. Outre ces globules d'air qu'on apperçoit à la vûe ſimple, ſi l'on examine la glace avec

une loupe de verre, on en diſtingue encore une infinité d'autres beaucoup plus petites & plus près les unes des autres.

Cet air, tant qu'il n'a occupé que les pores de l'eau, c'eſt-à-dire, des places vuides ou comme telles, n'en augmentoit point le volume; mais ſitôt qu'il ſe met en globules ſenſibles, il interrompt la continuité de la maſſe, & la rend plus grande. Voilà pourquoi la ſurface ſupérieure ſe tuméfie, & devient convexe; & c'eſt pour cette raiſon auſſi que le verre ſe caſſe, ſe trouvant trop étroit pour contenir l'eau convertie en glace.

L'augmentation de volume donne à la glace cette légéreté qui la fait ſurnager; car un corps eſt plus léger qu'un autre, lorſqu'à quantité égale de matiére, ſon volume eſt plus grand; ou (ce qui eſt la même choſe,) lorſqu'à volume égal, il contient moins de matiére : or le cylindre de glace eſt plus grand que l'eau dont il eſt formé, puiſqu'il caſſe le verre, ne pouvant ſe contenir dans les mêmes dimenſions : l'eau qui ſe géle devient donc plus légére, parce qu'elle augmente en volume.

Cependant ce ſeroit prendre une fauſſe idée de la glace, que de la regarder comme une eau dilatée, comme ont fait Galilée, & quelques autres Auteurs. MM. Hughens, Homberg, de Mairan, Mariotte, & preſque tous les Phyſiciens modernes qui ont étudié l'eau dans cet état, ont toujours cru qu'elle étoit condenſée, & n'ont attribué l'augmentation de ſon volume qu'à l'air extravaſé qui entrecoupe la maſſe, & qui y forme comme des vuides, à peu près de la même maniére qu'une pierre de meuliére peut être plus légére qu'une pierre de liais de grandeur égale; non pas qu'en ce qu'elle a de plein, elle ne ſoit plus compacte, plus ſerrée, plus dure que celle-ci, mais parce qu'elle eſt interrompue par une infinité de cavités, qui contribuent à ſon volume ſans augmenter ſon poids.

Tout ce qu'on pourroit déſirer, pour appuyer cette explication, c'eſt qu'en faiſant de la glace avec de l'eau purgée d'air, elle ſe trouvât alors auſſi péſante que l'eau même: il paroît que M. Homberg en eſt venu à bout, par un procédé qui dura deux

ans*. J'ai tenté plusieurs fois de répéter cette expérience en moins de tems, ne voyant point de nécessité de la faire tant durer : j'avoue que je n'ai jamais pû obtenir le même résultat ; aussi n'ai-je jamais pû faire de glace qui ne contînt des bulles d'air, quelque soin que j'eusse pris d'en purger l'eau, en employant tous les moyens connus & toutes les précautions que j'ai pû imaginer : mais j'ai fait plusieurs fois de la glace sensiblement plus pésante qu'elle n'a coutume de l'être, & cela doit suffire à quiconque n'a point un penchant déterminé pour un autre systême.

* *Mémoires de l'Acad. des Scienc. 1698. tom. X. p. 255.*

Ce qui a fixé l'attention des Physiciens sur l'augmentation du volume de l'eau qui devient glace, c'est que ce phénoméne est une exception à la loi générale ; car presque toutes les matiéres qui perdent leur fluidité pour devenir solides, au lieu d'augmenter, diminuent de grandeur ; & la cause de cet effet se présente d'elle-même : un corps n'est fluide que par le mélange d'une matiére étrangére qui écarte ses parties, & qui les aide à rouler les unes sur les autres, com-

me nous l'avons dit en parlant des causes de la fluidité *. Tant que cet état dure, le volume doit être plus grand ; mais si-tôt que cette matiére étrangére vient à sortir, les parties doivent se rapprocher, & le tout doit devenir plus petit, plus serré, & spécifiquement plus pésant. La légéreté de la glace est donc une chose remarquable, & qui mérite d'être expliquée.

* Tom. 2. p. 442. & suiv.

Cette exception n'est point la seule dans la nature. M. de Reaumur a déja remarqué, que le fer fondu, dans l'instant qu'il perd sa liquidité, augmente en volume ; & (ce qui en est une conséquence naturelle,) que les ouvrages coulés de cette matiére, viennent ordinairement fort bien, parce qu'au lieu de s'écarter du moule comme les autres métaux, elle s'en approche au contraire en prenant la consistance de solide. Il attribue, avec beaucoup de vraisemblance, cette propriété du fer à un arrangement imparfait de ses parties, au moment qu'elles sont fixées par un refroidissement subit : comme il faut une extrême chaleur pour faire couler ce

métal, & que le moindre froid lui fait perdre ſa liquidité, ſes parties hériſſées les unes contre les autres, ne ſont déja plus en état de couler, quoiqu'elles ayent encore aſſez de flexibilité, pour s'affaiſſer peu à peu à meſure que le feu s'évapore, & que le mouvement ſe rallentit.

Sans abandonner l'explication que nous avons donnée ci-deſſus, ne pourroit-on pas ſoupçonner quelque choſe de ſemblable dans l'eau qui ſe glace? Ce qui me porteroit à cette conjecture qui s'eſt déja préſentée à l'eſprit de pluſieurs ſçavans *, c'eſt que la congélation de l'eau comme celle du fer, eſt très-ſubite, & que l'augmentation de ſon volume eſt d'autant plus grande, que la glace ſe fait par un froid plus âpre. Si l'on demande pourquoi les autres matiéres, qui ſuivent la loi générale, diminuent de grandeur en devenant des corps ſolides: on peut répondre, qu'elles perdent plus lentement leur fluidité; que leurs parties ont le tems de s'arranger en s'aprochant les unes des autres; qu'elles contiennent moins d'air, ou que celui qu'elles contiennent, ne ſe raſ-

* *M. de la Hire, Mém. de l'Acad. des Scienc. avant 1700 tom. IX. p. 477. M. de Mairan, diſſert. ſur la glace, p. 606.*

ſemble point en bulles capables d'interrompre la continuité de la maſſe.

M. Muſchenbroek qui a beaucoup travaillé ſur la matiére que nous traitons préſentement, prétend que le froid & la gelée, ſont deux choſes tout-à-fait différentes; que l'un n'eſt qu'une ſimple privation du feu, au lieu que l'autre eſt l'effet d'une matiére ſaline répandue dans l'air, & qui venant à pénétrer l'eau, la coagule, & lie les parties de maniére qu'elles ne peuvent plus couler: » Ainſi, dit-il, l'eau » qui ſe géle augmente en volume, » parce qu'elle eſt raréfiée par la pé- » nétration de ces petits corps étran- » gers, & elle ſe diſſipe & s'évapore » facilement, parce que cette cauſe » interne fait continuellement effort, » pour écarter les parties de la maſ- » ſe ». Il faut voir dans les ouvrages mêmes * de M. Muſchenbroek, ſur quelles preuves il appuie ſon ſyſtême; je ne puis les rapporter ici dans toute leur étendue, & je craindrois de les affoiblir, ſi je n'en donnois qu'un extrait.

* *Comment. in tentam. Exper. Acad. del Cimento. p. 183. & ſeq.*

Je ſouſcrirois volontiers à cette opinion, s'il ne falloit, pour me dé-

terminer, que l'autorité d'un habile Maître; mais j'ai pris pour régle de ne me rendre qu'à l'évidence, ou au plus vraisemblable, & je ne puis dissimuler que je n'ai trouvé ni l'un ni l'autre dans les raisons sur lesquelles se fonde M. Muschenbroek. Qu'il y ait dans l'air des parties nitreuses, & qu'il y en ait plus en hyver qu'en toute autre saison, c'est une pensée qui est venue à presque tous ceux qui ont raisonné sur la nature & sur les causes du froid. Mais s'ils ont soupçonné que ces matiéres salines pouvoient causer le refroidissement de l'atmosphére, je ne vois pas qu'aucun d'eux, excepté M. de la Hire *, ait jugé nécessaire de les faire passer dans l'eau pour la glacer : contens d'entrevoir de quelle maniére l'air pouvoit se refroidir, ils ont crû qu'étant devenu froid, cet élément étoit bien capable en cet état d'ôter à l'eau le degré de chaleur qu'il lui faut pour couler : en usant ainsi avec retenue d'une cause dont l'existence est douteuse, ils ont prévenu plusieurs difficultés, auxquelles on s'engage de répondre, lorsqu'on embrasse, comme M. Muschenbroek,

* *Mém. de l'Académ. des Sciences, avant 1700. tom. IX. p. 476.*

l'opinion de M. de la Hire. L'expérience nous apprend, comme on le verra bien-tôt, que les matiéres salines, quoiqu'elles ayent la propriété de refroidir l'eau, la rendent cependant plus difficile à se glacer. Si l'on suppose donc que les parties *frigorifiques* ou *glaçantes* sont salines, il faut encore supposer que ce sont des sels d'une nature toute particuliére, & tels qu'on ne les puisse comparer à aucun de ceux qui sont connus; ainsi ce ne sera plus ce *nitre Aërien* que plusieurs sçavans ont admis, & qui voltige, dit-on, plus abondamment au-dessus des terrains qui en contiennent davantage; car le salpêtre, & tous les sels fossiles que nous connoissons, étant mêlés avec l'eau, ne font que retarder sa congélation, au lieu de la coaguler.

Dans les plus grandes chaleurs de l'été, on fait de la glace qui ressemble parfaitement à celle que la gelée fait en hyver. Y a-t-il donc alors des parties frigorifiques en l'air? ou bien si elles sont dans le mêlange de sel & de glace dont on se sert pour opérer ces congélations artificielles, pour-

quoi ce mélange même se fond-il en devenant plus froid ?

Si ce sont ces parties salines qui augmentent le volume de la glace, en dilatant l'eau qu'elles pénétrent, pourquoi font-elles un effet tout contraire sur les vaisseaux de verre ou de métal, par lesquels elles sont obligées de passer ? car on sçait que la gelée condense les matiéres les plus dures : il seroit bien singulier qu'il n'y eût que l'eau dont elles fussent capables d'écarter les parties.

Comment se peut-il faire encore que cette matiére étrangére, à qui l'on attribue la propriété de lier les parties de l'eau entr'elles, & qui, pour me servir des termes de M. Muschenbroek, ou de son Traducteur, * fait à leur égard l'office de *colle* ; comment, dis-je, cette matiére peut-elle être en même tems la cause de la prompte évaporation de la glace ? comment peut-elle fixer un fluide, dont elle tend à dissiper les parties ?

* *Essais de Phys. p.* 443.

Enfin ces parties frigorifiques qui sont d'une nature saline, comment ne font-elles pas perdre à l'eau son insipidité naturelle ? On ne peut pas dire

qu'elles y ſoient en trop petite quantité : puiſque la glace eſt communément d'un $\frac{1}{19}$ *, & ſelon Boyle, d'un $\frac{1}{10}$ plus grande que le volume d'eau, dont elle eſt formée, il faut non ſeulement que cette matiére étrangére en occupe les pores, mais encore un eſpace aſſez conſidérable dans la maſſe ; eſt-ce donc un ſel inſipide ? autant vaudroit dire un ſel qui n'en eſt point un ; & alors ſous quelle idée ſe préſentera-t-il, pour avoir la propriété de s'inſinuer, d'entamer, d'écarter les parties de l'eau, & de ſe loger dans ſa maſſe ?

* *M. de Mairan, Diſſert. ſur la glace, p. 617.*

Dans les expériences de l'Académie *del Cimento*, on trouve une expérience qui eſt très-favorable à l'opinion que je viens de combattre. La liqueur d'un thermométre a parû baiſſer au foyer d'un miroir ardent, expoſé vis-à-vis d'un tas de glace, péſant 500 livres. « Il y a donc des rayons » de froid poſitifs, & capables d'ê» tre réfléchis ; la congélation de l'eau » ne vient donc pas d'une ſimple pri» vation ou diminution de chaleur. » Voilà l'argument qu'en ont tiré ceux qui ont adopté, & qui ont voulu

faire valoir le ſentiment de MM. de la Hire & Muſchenbroek : mais pourquoi ces deux Auteurs ont-ils manqué à citer cette expérience, comme une preuve de leur ſyſtême, le dernier ſur-tout, qui a traduit & commenté l'ouvrage où elle ſe trouve écrite ? En voici, je penſe, la raiſon ; c'eſt qu'au même endroit du texte *, où il en eſt fait mention, on lit que le réſultat en a paru douteux, & qu'elle n'a point été faite avec aſſez de précaution & de ſoin pour mériter qu'on y ajoûte foi : *Non enim ea omnia fecimus quæ neceſſaria forent, ad hoc experimentum ita confirmandum, ut fides eidem haberi poſſit.*

* *Experim. IX. circa glaciem naturalem.*

Une autre raiſon de cette omiſſion qu'on peut bien préſumer encore, & qui eſt plus forte que la premiére ; c'eſt qu'un Phyſicien auſſi zélé & auſſi laborieux que l'eſt M. Muſchenbroek, n'aura pas manqué de répéter cette expérience, qui doit paroître très-curieuſe & importante ; & s'il en a pris la peine, comme il eſt vraiſemblable, il aura été convaincu par le fait même, comme je l'ai été pluſieurs fois, pendant les hyvers de 1740 & 1742, que le

miroir

miroir concave, ne fait en pareil cas que ce que pourroit faire tout autre obſtacle, de quelque figure qu'il fût, c'eſt-à-dire, arrêter entre la glace & lui une maſſe d'air qui ſe refroidit ſimplement par communication, ſi elle n'eſt point d'abord auſſi froide que la glace. Ainſi ou la liqueur du thermométre placé entre le miroir & la glace ne baiſſe point; ou ſi elle baiſſe, cet effet arrive indifféremment, lorſque l'inſtrument eſt par-tout ailleurs qu'au foyer.

APPLICATIONS.

Un des plus communs effets de la gelée, eſt de faire caſſer les vaiſſeaux qui ſe trouvent remplis d'eau: s'ils ne ſont pas bouchés, & que leur ouverture ſoit un peu grande, la glace commence par la ſuperficie qui touche l'air extérieur; l'eau qui eſt ſous cette premiére couche ſe trouve alors renfermée de toutes parts, & en devenant glace, elle ne peut plus s'étendre qu'en écartant les parois, ou en les rompant, s'ils ne ſont point d'une matiére aſſez extenſible; ainſi les vaſes de verre, de fayance, & même de

fer fondu, ſoutiennent rarement cette épreuve, & c'eſt une ſage précaution que de les tenir vuides pendant la gelée.

Cet effort de l'eau qui ſe géle eſt prodigieux ; on voit par une expérience de M. Hughens, qui a été répétée depuis par pluſieurs perſonnes, qu'il eſt capable de faire crever un canon de mouſquet. Boyle ayant fait geler de l'eau dans un vaiſſeau cylindrique de cuivre qui avoit environ 3 pouces de diamétre, trouva que ce petit volume en ſe glaçant, ſoulevoit un poids de 74 livres. Mais avant lui les Académiciens de Florence avoient déja éprouvé par des procédés plus ingénieux, de quelle épaiſſeur devoit être un vaiſſeau cylindrique de cuivre, pour réſiſter à la force expanſive de la glace ; & M. Muſchenbroek, qui a ſçavamment commenté leurs expériences, jugeant de la valeur de cet effort, par la réſiſtance du métal, eſtime qu'il équivaut à un poids de 27720 livres ; ce qui eſt preſqu'incroyable.

Il ne faut donc plus s'étonner de voir que la gelée ſouléve le pavé des

rues, qu'elle faſſe fendre les pierres & les arbres, qu'elle creve les tuyaux des fontaines, quand on n'a point la précaution de les tenir vuides, &c. Car par-tout où l'eau ſe trouve, dès qu'elle devient glace, elle fait effort pour s'étendre, & les plus grands obſtacles ne ſont pas capables de l'en empêcher. Mais il faut obſerver, que la plûpart de ces effets n'arrivent point par une gelée qui a été précédée d'un tems ſec, mais plutôt après un faux dégel, ou bien après une longue ou abondante humidité; car ce n'eſt que dans ces derniéres circonſtances que les corps les plus poreux ſe trouvent pénétrés d'eau. On peut remarquer encore que le marbre, les cailloux, le verre, & généralement tout ce qui ne devient point intérieurement humide, ne ſe fend point à la gelée, comme la pierre tendre où les parties de l'eau s'inſinuent aiſément, & deviennent en ſe glaçant, comme autant de petits balons qui s'enflent, & ſoulévent les feuillets ou les couches qui les couvrent.

M. Homberg cherchant la cauſe de cétte force énorme avec laquelle l'eau

s'étend en devenant glace, crut la trouver dans le nouvel état de l'air qui se rassemble par bulles dans la masse ; ce sçavant Physicien fait à cet égard une remarque très-judicieuse : » les particules d'air, dit-il, qui sont » logées dans les pores de l'eau, y » sont pressées & retenues avec plus » de force, étant ainsi divisées, qu'el- » les ne le sont après leur réunion ; » car comme elles présentent beau- » coup plus de surface au liquide am- » bient, la somme de toutes les pres- » sions qu'elles ont à soutenir sépa- » rément, surpasse aussi de beau- » coup le poids dont est chargée une » bulle d'air composée de toutes ces » particules réunies. » D'où il conclut que l'air, dont l'eau se désaisit en se glaçant, & qui demeure renfermé dans la masse, exerce plus librement son ressort ; qu'il doit par conséquent s'étendre, & augmenter, avec toute la force qui lui est rendue, le volume dont il fait partie.

Le raisonnement de M. Homberg, fondé sur les loix de l'Hydrostatique, & sur la connoissance que nous avons des propriétés de l'air, conclut assez

bien que ce fluide, à mesure qu'il se dégage des pores de l'eau, en doit étendre le volume par son ressort devenu plus libre : mais que cette nouvelle force, dont il commence à jouir alors, soit capable de vaincre des obstacles tels que ceux dont j'ai fait mention, voilà ce que j'ai peine à comprendre ; car lorsque la glace est formée, le ressort de l'air qu'elle renferme est-il entiérement détendu, ou ne l'est-il pas ? les uns prétendent que oui, les autres soutiennent le contraire; & opposant expérience à expérience, ceux-ci assûrent, (& il m'a semblé voir la même chose,) que si l'on perce la glace pour donner jour aux bulles d'air, ce fluide marque en s'échappant avec précipitation, que son ressort y étoit contraint; mais le degré de vîtesse avec lequel il sort, ne répond point aux effets que produit l'eau qui se géle, par son expansion. D'un autre côté si l'air qu'on voit dans la glace est revenu à la même densité que celui de l'atmosphére, que peut-on donc attribuer au ressort qu'il a acquis en se rassemblant en bulles? C'est tout au plus d'avoir contribué

à une augmentation de volume qui n'excéde pas la dix-neuviéme partie du tout. Je dis, d'avoir contribué ; car le volume de l'eau qui ſe géle doit augmenter par la ſeule raiſon, que l'air ſe raſſemble en bulles, comme nous l'avons dit dans les explications précédentes.

Pour dire ce que j'en penſe ; je ne rejette point cette cauſe ; elle pourroit bien avoir quelque part à l'augmentation du volume de la glace: mais je ne crois pas que ce ſoit là la principale ; & voici comment je croirois pouvoir rendre raiſon de la force preſque invincible avec laquelle ſe fait cette expanſion.

L'air raſſemblé en bulles eſt inconteſtablement la cauſe immédiate de l'augmentation du volume, puiſque ſans l'interruption qu'il cauſe dans la maſſe, l'eau ſe contiendroit dans un moindre eſpace ; & les choſes doivent être ainſi, quand même cet air ne feroit aucun effort pour s'étendre. Mais il ſe raſſemble d'autant plus d'air en bulles, qu'il en ſort davantage des pores où il eſt naturellement logé : l'expanſion du volume vient donc

originairement de la cauſe, (telle qu'elle puiſſe être,) qui rétrécit les pores de l'eau, & qui la condenſe : or celle qui condenſe l'eau, & qui la rend un corps dur, eſt ſans doute la même qui durcit les autres matiéres, lorſqu'une cauſe interne ceſſe d'entretenir leur fluidité ; & nous ſçavons par mille exemples familiers avec quelle puiſſance elle agit : comme la condenſation de l'eau eſt plus forte & plus prompte, quand le froid eſt plus âpre, en pareil cas la glace doit être plus remplie de bulles d'air, avoir un plus grand volume, & être capable d'un plus grand effort, ce qui s'accorde parfaitement avec l'expérience.

Quand les riviéres ou les étangs ſe gélent, la glace commence toujours, par la ſuperficie de l'eau, quoi qu'en diſe un Auteur célébre, qui a été trompé, ſans doute, par le témoignage unanime des bateliers, des meuniers, & généralement de tous les ouvriers qui travaillent ſur les eaux courantes. Ces ſortes de gens ſoutiennent opiniâtrément que la glace ſe forme d'abord au fond de l'eau, & qu'elle ſurnage enſuite. L'unanimité

d'erreur, parmi des gens qui ſont à portée de voir les mêmes choſes, m'a fait ſoupçonner, que quelque fait mal interprété y donnoit occaſion; & véritablement en examinant la choſe de près, j'ai vû ce qui peut faire prendre le change à des gens ſans principes, & qui s'en tiennent aux premiéres apparences. Quand une riviére eſt priſe par la gelée, ſi l'on en coupe un glaçon à quelque diſtance du bord, & qu'on l'enléve, un inſtant après on voit paroître à l'embouchure du trou une maſſe de glace imparfaite, comme ſpongieuſe, remplie de terre ou d'autres ſaletés, & que les gens de riviére appellent *Bouzin*; on ſeroit tenté de croire qu'elle s'éléve du fond, ſi l'on ne ſçavoit pas que le froid qui fait glacer, vient de l'atmoſphére, & que cette cauſe ne peut avoir ſon effet au fond de l'eau, ſans avoir fait geler auparavant toute celle qui eſt au-deſſus. Mais quand même on ignoreroit ce principe, il ſuffit de ſonder le fond, où l'on ne trouve jamais de glace, & où la terre eſt le plus ſouvent d'une autre couleur que celle dont le bouzin eſt rempli; d'ailleurs
cette

cette ſaleté qui en impoſe, ne ſe trouve pas dans des glaçons qui ont 5 à 6 pouces d'épaiſſeur, comme elle devroit y être cependant, s'ils venoient du fond.

Pour ſçavoir la vraie origine de cette ſorte de glace, il faut obſerver que la gelée fait prendre les eaux courantes tout autrement que celles qu'on nomme dormantes; & que la glace des unes différe beaucoup de celle des autres par ſa dureté, ſa couleur, ſa tranſparence : quand le froid agit ſur une eau tranquille, il ſe communique uniformément d'une couche à l'autre; les parties ſe lient également, & l'air qui s'en échappe, gagnant toujours le deſſous, en interrompt moins la continuité; ainſi cette glace eſt communément la plus dure, la plus unie, la plus claire, & d'une couleur plus ſemblable à celle de l'eau. Il n'en eſt pas de même des glaçons qu'on voit flotter ſur les riviéres, lorſqu'elles charient : ils ſont plus opaques, d'une couleur blanchâtre; ils ont moins de conſiſtance; le deſſous & les bords ſont chargés d'une épaiſſeur aſſez conſidérable de bouzin.

C'eſt une erreur de croire que ces glaçons flottans ſoient détachés des bords, ou par la chaleur du ſoleil, ou par les ſoins de quelques meûniers qui rompent en certains endroits la glace qui les incommode; car la riviére charie la nuit comme le jour; & la grande quantité de glaçons dont elle eſt continuellement couverte, ne peût point être regardée comme l'ouvrage d'un petit nombre de particuliers. Mais voici ce qui arrive.

Quand la gelée eſt aſſez forte, non ſeulement l'eau ſe glace aux bords & dans les anſes où elle n'eſt point agitée par le courant, mais auſſi dans les endroits où ſes parties n'ont aucune vîteſſe reſpective, c'eſt-à-dire, où elles n'ont qu'un mouvement commun, qui ne les déplace point les unes à l'égard des autres; ce ſont ces endroits qu'on nomme *miroirs*, qu'on voit communément aux grandes riviéres, & où l'eau ſemble être dormante, parce qu'on n'y apperçoit point de flots. Lors donc que la ſuperficie d'un de ces miroirs eſt priſe, il en réſulte un glaçon iſolé, qui ſuivant le courant, donne lieu à un autre de ſe former après lui

dans la même place. Mais comme ces glaçons ſont d'abord très-minces, il n'y en a qu'une partie qui ſe conſervent entiers, ou dont les fragmens reſtent d'une certaine grandeur : les autres ſont briſés & comme broyés par mille accidens ; de ſorte que la riviére eſt couverte en partie de grands glaçons qu'elle charie gravement, & en partie de ces petits fragmens, qui flottent au gré de l'eau, que le moindre obſtacle arrête, ou qui ſont pouſſés ſous la glace qui tient au rivage. De-là il arrive deux choſes.

1ment. Comme les grands morceaux de glace conſervent plus de vîteſſe que les petits, ceux-ci continuellement expoſés à la rencontre des premiers s'amaſſent à leurs bords, & y forment comme une croûte qui s'éléve au-deſſus du plan ; ou bien paſſant deſſous, & s'y arrêtant par le frottement, ils y ſont fixés par la gelée, & ils augmentent l'épaiſſeur du grand glaçon. De-là vient que ces glaces flottantes ſont d'une couleur blanchâtre & opaque, & qu'elles ſont moins dures que celles des eaux dormantes, parce qu'elles ſont faites,

pour la plus grande partie, de toutes ces piéces mal jointes, & qui renferment entr'elles, ou beaucoup d'air, ou d'autres matiéres qui s'y sont mêlées pendant qu'elles flottoient.

2ment. Quand ces petits fragmens sont chassés sous la glace qui tient au rivage, ils ne s'attachent ensemble que fort imparfaitement, parce que le degré de froid qui y régne, est à peine capable de geler. De-là vient ce bouzin dont nous avons parlé ci-dessus, qui n'est qu'une glace spongieuse, qui a peu de consistance, & qu'on trouve toujours sale, parce qu'en obéissant au fil de l'eau sous la grande glace, elle a souvent touché le fond, & s'est chargée de sable, d'herbes, & généralement de tout ce qui a pû s'y attacher.

Pour revenir à notre premier fait, si l'on enléve donc un morceau de la grande glace sous laquelle est le bouzin, celui-ci ne manque pas de s'en détacher par son propre poids; sa chûte le porte un peu avant dans l'eau, & un instant après, lorsqu'il remonte à la surface, il semble qu'il vient du fond; & ceux qui ne portent point leurs ré-

flexions au-delà de cette premiére apparence, s'imaginent qu'il s'y eſt formé.

Le milieu d'une grande riviére, ce qu'on appelle *le fil de l'eau*, où il y a toujours des flots, ne ſe glace point par lui-même, parce que ſon mouvement étant irrégulier, & ſe faiſant comme par ſauts, ſes parties qui doivent s'unir & s'attacher, ne ſont jamais deux inſtans de ſuite à côté les unes des autres ; & la gelée n'a point le tems de les fixer. Une grande riviére ne ſe prend donc entiérement que quand les arches d'un pont, ou quelque autre obſtacle arrête les glaçons qu'elle charie, & leur donne occaſion de ſe joindre, & de ſe ſouder, pour ainſi dire, l'un à l'autre. C'eſt pour cela que la glace d'une riviére entiérement priſe n'eſt point unie comme celle d'un étang, & qu'on y voit communément des piles de glaçons amoncelés les uns ſur les autres.

Ces ſortes d'engorgemens n'arrivent point, quand les glaçons flottans ſont moins nombreux, parce qu'ils ont le tems de s'écouler, ce qui entretient libres les paſſages les plus étroits ; &

les riviéres n'en charient jamais moins que pendant les gelées qui tiennent des deux extrêmes ; c'eſt-à-díre, quand il géle foiblement, ou bien quand il fait un froid exceſſif. On conçoit de reſte pourquoi l'on voit flotter moins de glaçons lorſqu'il géle peu ; mais que le froid le plus âpre puiſſe avoir le même effet, c'eſt un paradoxe qu'il faut expliquer.

Les glaçons qui flottent, quittent les miroirs où ils ont été formés, & ſont emportés par le courant, parce que ces places ſont ſéparées du rivage ou des glaces qui le bordent, par des filets d'eau dont le mouvement un peu moins régulier ne donne point priſe au même degré de froid ; mais cette raiſon ne ſubſiſte plus, dès qu'il géle aſſez fort pour faire glacer non-ſeulement le miroir, mais auſſi le filet d'eau qui le ſépare du rivage ; car alors l'un & l'autre ne ſont qu'une même glace qui demeure fixe. Ainſi quand le froid vient à augmenter juſqu'à un certain degré, au lieu de multiplier les glaçons flottans, il en diminue le nombre, parce qu'il arrête beaucoup de ceux qui auroient flotté par un moindre froid.

C'eſt ainſi qu'on peut expliquer un fait qui parut fort ſingulier dans le tems qu'on l'obſerva, & qui le paroît encore tellement aujourd'hui, que bien des gens refuſent de le croire, quoiqu'il ſoit bien atteſté. Pendant l'hyver de 1709, la Seine ne fut point entiérement priſe ; il y eut toujours un courant découvert entre le Pont-neuf & le Pont-royal ; & l'on ſçait cependant que cette riviére ſe géle communément par un froid de 8 ou 10 degrés, plus foible par conſéquent que celui de 1709, qui fut de 15 deg. $\frac{1}{2}$. Il eſt ſingulier de pouvoir dire en pareil cas, la riviére ne ſe glace point tout-à-fait, parce qu'il fait trop froid.

LE froid fait glacer non-ſeulement l'eau commune, mais encore toutes les liqueurs qui tiennent de ſa nature, & généralement toutes les matiéres où elles ſe rencontrent en ſuffiſante quantité ; cependant ſelon la quantité ou la qualité des ſubſtances qui ſont mêlées avec l'eau, ſa congélation eſt accompagnée de circonſtances différentes, que nous aurons lieu d'obſerver dans l'expérience ſuivante.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut expoſer en plein air, pendant une forte gelée, ou bien plonger dans un mélange de glace & de ſel, trois tubes de verre mince de 7 à 8 lignes de diamétre, fermés par un bout, & remplis l'un d'eau pure, l'autre de vin rouge, & le troiſiéme d'eau dans laquelle on aura fait diſſoudre une pincée de ſel commun. On doit obſerver de minute en minute ce qui ſe paſſe dans ces liqueurs, & examiner enſuite la glace de chacune, après l'avoir ôtée de ſon tube.

EFFETS.

1°. L'eau pure ſe convertit en glace avant les deux autres liqueurs ; & cette glace toujours la plus dure & la plus ſolide des trois ne ſe trouve interrompue que par des bulles d'air.

2°. La glace d'eau ſalée eſt plus long-tems à ſe former, elle eſt moins dure, & plus chargée de ſel au centre que vers l'extérieur.

3°. Le vin glacé ſe léve par feuil-

lets aſſez ſemblables à des pelures d'oignon : les premiéres de ces couches ſont inſipides & plus dures que celles qui ſont deſſous ; & le centre eſt occupé par une liqueur qui eſt fort ſpiritueuſe.

EXPLICATIONS.

La congélation de l'eau n'étant qu'une union plus intime, & une fixation de ſes parties occaſionnée par l'abſence du feu, qui les tenoit auparavant plus écartées les unes des autres, & mobiles entr'elles ; cet effet doit être plus prompt & plus complet dans l'eau pure que dans toute autre, parce qu'il n'y a rien qui ſupplée à la matiére du feu, pour empêcher que les parties ne s'approchent ; & l'on doit préſumer que la glace d'une eau tellement purgée de toute matiére étrangére, qu'elle ne contînt pas même d'air, ſe feroit plus vîte, & deviendroit plus dure que toute autre.

Par la raiſon du contraire, l'eau ſalée ſe géle plus difficilement ; car les parties de ſel s'oppoſent à l'union de celles de l'eau ; comme celles-ci em-

pêchent le sel de se durcir tant qu'il est mouillé intérieurement : les particules salines cédent enfin à la force qui condense l'eau, & qui en rétrécit les pores ; & elles entrent dans la portion qui est encore liquide, à mesure qu'elles sont forcées d'abandonner celle qui devient solide : c'est pour cela que cette glace n'a point une salûre égale par-tout, & que le milieu trop chargé de sel ne se géle point, ou ne prend que très-peu de consistance.

Le vin est une liqueur mixte qui contient un peu d'esprit & beaucoup de flegme. Or de ces deux parties, il n'y a que la derniére qui soit de la nature de l'eau, & qui puisse se geler comme elle : c'est pourquoi à mesure que la gelée réunit les parties aqueuses, & qu'elle les lie ensemble, ce qu'il y a de spiritueux entr'elles se déplace, & forme une couche de liqueur qui sépare cette premiére glace d'une autre qui se fait plus avant, à mesure que le froid pénétre. Ainsi la partie spiritueuse étant concentrée de plus en plus, se trouve si abondante vers le milieu, que le peu de fle-

gme qu'elle peut contenir encore, ne peut plus ſe glacer.

APPLICATIONS.

L'expérience qu'on vient de voir, nous apprend donc en général, que l'eau ſe géle d'autant plus vîte & d'autant plus ſolidement, qu'elle eſt moins mêlée avec des matiéres capables d'empêcher l'union & la cohérence de ſes parties : ainſi l'eau de la mer, à cauſe du ſel qu'elle contient, ne ſe géleroit point s'il ne faiſoit qu'un degré de froid, capable ſeulement de glacer les eaux douces ; les mers du nord ſe gélent très-profondément, parce qu'elles ſont expoſées à un froid d'une plus longue durée, & d'une plus grande âpreté que celles des autres climats ; c'eſt là ſans doute la principale cauſe de leur congélation : mais on peut ajouter encore, que leurs eaux ſont communément moins chargées de ſels. La boue des rues, lorſque la gelée commence, eſt toujours moins dure que la glace, parce que l'eau s'y trouve mêlée avec une grande quantité de terre qui rend ſa congélation plus difficile.

Les crêmes & les liqueurs glacées qu'on sert sur les tables, sont toujours chargées de sucre, ou bien elles sont spiritueuses ; & c'est une des raisons pour lesquelles on ne peut les faire prendre, que par un degré de froid beaucoup plus grand, que celui qui suffiroit pour la congélation de l'eau commune : & comme ces liqueurs portent plus ou moins de sucre les unes que les autres, que celles-ci sont moins spiritueuses, celles-là davantage, il arrive que quand on ne pousse point leur refroidissement au-delà de la simple congélation, il y en a qui sont sensiblement plus froides les unes que les autres, quoique chacune d'elles n'ait que le degré qu'il lui faut pour être glacée.

Il est passé en usage, parmi les Physiciens, de regarder comme un terme fixe le degré de froid qui est nécessaire, & qui suffit pour geler l'eau. M. de Reaumur l'a marqué par zéro aux thermométres comparables dont il nous a donné la construction; & il part de-là pour compter les degrés de dilatation ou de chaud en montant, & ceux de condensation

ou de froid en descendant. En effet, en quelque tems & en quelque lieu qu'on ait plongé ces instrumens dans de la glace ou de la neige qui commence à fondre, ou dans de l'eau qui commence à se geler, jusques à présent l'expérience a fait voir, que la liqueur revient toujours au fil auprès duquel est marqué zéro, & vis-à-vis, *terme de la glace*, ou *congélation de l'eau* : ce qui prouve qu'on a raison de regarder comme invariable le degré de froid qui commence à faire geler l'eau. Ce principe n'est pourtant recevable qu'à condition que le froid agisse sur une eau pure, ou qui ne soit point chargée de quelque matiére capable, par sa quantité ou par sa qualité, d'en retarder la congélation; car si l'on plongeoit un thermométre dans de l'eau salée, par exemple, jusqu'à ce qu'elle commençât à se convertir en glace, la liqueur de l'instrument seroit alors plus bas que zéro, par les raisons que nous avons dites ci-dessus. Avec cette attention, on aura donc un terme fixe, que je crois plus commode & plus sûr que tout autre; quoi qu'en dise l'auteur anony-

me d'une brochure * qui parut ici en 1741, & dans laquelle on propoſe la température des ſouterrains profonds comme un terme préférable à celui de la glace : ces ſouterrains ſe trouveront-ils auſſi commodément & auſſi univerſellement que la glace ou la neige ? quand on les trouveroit ; comment ſera-t-on ſûr qu'ils ſont tous d'une température égale, puiſque, ſur le témoignage de M. Caſſini, les caves même de l'Obſervatoire, en changent ſenſiblement ?

* *Deſcription de la méthode d'un thermom. univerſel.*

L'eau des mares qui ſe trouve ſouvent mêlée avec l'urine des animaux, avec les parties graſſes ou ſalines des matiéres, tant animales que végétales, qui s'y ſont pourries : ces eaux, dis-je, lorſqu'elles ſe glacent, repréſentent fort ſouvent des figures bizarres, des deſſeins qui ont quelques reſſemblances avec les ouvrages de l'art, ou même avec ceux de la nature ; l'imagination acheve d'en faire des merveilles ; pour peu qu'on ſe frappe de ces accidens, on y voit des dentelles, des arbres, des animaux, &c. il n'en a point fallu davantage pour faire naître un ſyſtême : certains

Auteurs ont prétendu que l'eau dans laquelle une plante a péri, qui en contient par conséquent les principes les plus fixes, ou que la lessive même de ses cendres, venant à se glacer, en représente fidélement l'image: cette espéce de résurrection ou *palingénésie* est une chimére que M. l'Abbé de Valmont * a prise fort à cœur, mais qu'il n'a point prouvée; car une seule expérience ne suffit point, il faut qu'en la repétant plusieurs fois, le même résultat se soutienne constamment; & c'est ce qu'on ne trouve dans aucun Auteur digne de foi. Ce que disent Boyle & le Chevalier Digby, en faveur de la palingénésie, tombe de soi-même; car le premier met ce prétendu phénoméne au rang des expériences qui ne réussissent point, & l'autre l'appelle un jeu de la nature; c'en est un véritablement, qui s'explique en disant, que les parties de la glace s'arrangent entr'elles relativement à la quantité & à l'ordre des corps étrangers, qui se trouvent mêlés dans l'eau, & qui interrompent ou retardent plus ou moins la congélation; ou bien encore selon les rou-

* *Curiosités de la nat. & de l'art, sur la végét. l'agricult. &c.*

tes que prend la matiére du feu, qui s'évapore de l'eau à meſure qu'elle perd ſa fluidité.

Les fruits ſe gélent & ſe durciſſent, comme on ſçait, pendant les hyvers qui ſont un peu rudes; & lorſque le dégel arrive, ils ont perdu leur goût, & le plus ſouvent on les voit tomber en pourriture : ces déſordres viennent de ce que leurs ſucs ſont des liqueurs dont l'eau fait une grande partie; la gelée les décompoſe comme le vin de notre expérience, & les parties aqueuſes deviennent des petits glaçons dont le volume augmente, qui briſent & qui crévent les petits vaiſſeaux dans leſquels ils ſont renfermés.

Il arrive quelque choſe de ſemblable aux animaux mêmes qui habitent les pays froids : c'eſt une choſe aſſez commune d'y voir des gens qui ont perdu le nez ou les oreilles, pour avoir été expoſés à une forte gelée : ces accidens ſont plus rares dans les climats tempérés; mais on en voit cependant de tems en tems des exemples.

Quand les corps organiſés ont été gelés,

gelés, on ne peut espérer de les sauver qu'en les faisant dégeler fort lentement, en les tenant, par exemple, quelque tems dans la neige avant que de les exposer à un air doux, afin de donner le tems aux parties de reprendre l'ordre qu'elles ont perdu; sans cette précaution, la fluidité revenant aux parties à qui elle convient, avant que les vaisseaux qui ont été forcés soient consolidés, les sucs ou les humeurs s'extravasent, ou bien leurs principes demeurent désunis.

Il n'en est point du froid qui fait geler l'eau pure, comme du degré de chaleur qui la fait bouillir dans un vase ouvert. L'eau qui bout ne devient jamais plus chaude; mais celle qui est parvenue à la congélation, peut devenir beaucoup plus froide, de deux maniéres : 1ment, si elle demeure exposée à une gelée qui augmente de plus en plus; car alors elle se refroidit autant que l'air qui la touche, & cet effet lui est commun avec tous les autres corps qui y sont exposés comme elle : 2ment, si on la mêle avec certaines matiéres qui puissent la pénétrer, & qu'elle pénétre

elle-même en se fondant. Les sels concrets, c'est-à-dire, ceux qui ont la consistance de solide, sont connus pour avoir spécialement cette propriété : mais ils ne sont pas les seuls; plusieurs liqueurs refroidissent la glace comme eux, & même davantage. Quant au refroidissement qui vient de l'atmosphére, il suffit, pour s'en convaincre, de plonger dans la glace ou dans la neige qui est exposée à l'air, un thermométre, lorsqu'ayant été exposé de même, il se trouve de plusieurs degrés plus bas que le terme de la congélation; car cette immersion ne faisant point remonter la liqueur, on voit évidemment que le froid est le même dans l'eau gelée que dans l'atmosphére; c'est-à-dire, plus grand que celui qui suffit pour glacer l'eau simplement. Je ne m'arrêterai donc qu'aux refroidissemens artificiels, à ceux que l'on fait, en mêlant avec la glace des sels ou quelqu'autre matiére.



III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On entoure de glace pilée ou de neige la boule d'un petit thermométre placée dans un vaiſſeau : on attend que la liqueur ſe ſoit fixée au terme de la congélation : alors ſi l'on jette deſſus la glace une once ou deux de quelque ſel que ce ſoit ;

EFFETS.

Peu de tems après, le fond du vaſe ſe remplit d'eau ſalée, & l'on voit deſcendre la liqueur du thermométre au-deſſous du terme où elle s'étoit fixée.

EXPLICATIONS.

De la glace qui ſe fond en ſe refroidiſſant, qui ceſſe d'être, par un plus grand froid, ce qu'elle ne peut être que par le froid même, eſt un phénoméne ſingulier, & qu'il n'eſt pas facile d'expliquer : les difficultés augmentent encore, quand on s'arrête aux idées que la plûpart des Phyſiciens ſe ſont faites de la nature des

fluides : car si leur état consiste dans un mouvement actuel, & que l'eau se refroidisse par le mêlange des sels, parce que ses parties, comme fixées par les particules salines, ne peuvent plus se mouvoir avec la même vîtesse qu'auparavant ; * comment ces mêmes sels mêlés avec la glace font-ils renaître la liquidité ? Est-ce que, contre leur coutume, ils y raniment le mouvement ? ou bien le froid qui augmente n'est-il plus le signe du mouvement rallenti ? Pour moi, comme je l'ai déja dit plusieurs fois, ne voyant nulle nécessité d'admettre cette agitation particuliére & actuelle dans les liquides, je m'en tiens toujours à la mobilité respective de leurs parties, que je regarde comme la seule condition essentielle à cet état. Je ne crois pas non plus que les sels qui sont dissous dans l'eau, puissent par eux-mêmes en fixer les parties, & les empêcher de rouler les unes sur les autres ; puisqu'au contraire les eaux salées ne se glacent que difficilement.

* *Mém. de l'Acad. des Sc. 1700. p. 114.*

Je conjecture donc que le refroidissement de la glace, par le mélange des sels, se fait à peu près comme ce-

lui de l'eau; l'humidité pénétre le ſel, le diviſe & le met en état de faire la même choſe à l'égard de la glace; les deux matiéres ſe pénétrent mutuellement à meſure qu'elles ſe fondent, & les parties de l'une parcourant rapidement les pores de l'autre, en chaſſent pour un tems la matiére du feu qui s'y trouve encore; & de-là il naît une plus grande privation de chaleur dans le mélange: j'appuye cette penſée ſur les obſervations ſuivantes.

1°. Quand les grains de ſel qu'on mêle avec la glace ſont gros & bien ſecs, on entend pétiller & craquer tout le mélange; & l'on apperçoit aſſez ſouvent de petits éclats de glace qui s'élancent ou qui ſautent, ce qui dénote que la pénétration ſe fait avec violence, & que les deux matiéres n'agiſſent pas ſeulement l'une ſur l'autre par les ſurfaces.

2°. A meſure que le refroidiſſement ſe fait, il s'amaſſe au fond du vaſe une eau qui eſt chargée de ſel; ce qui marque une fuſion réciproque des deux matiéres; & cette condition eſt ſi néceſſaire, que quandon y met obſtacle, le mélange demeure ſans effet;

comme je l'ai éprouvé moi-même d'après M. de Reaumur, en mettant ensemble de la glace & du sel que j'avois desséchés par un froid de 12 ou 14 degrés; dès qu'il n'y a point d'humide pour fondre le sel, & pour le mettre en état d'entamer la glace, l'un & l'autre mêlés ensemble, demeurent au même degré de froid qu'ils ont acquis séparément. Mais si l'on répete la même expérience en employant de l'esprit de nitre ou de sel marin, au lieu de sel concret, le refroidissement augmente considérablement, parce que cette liqueur saline est toujours en état de pénétrer la glace. En procédant ainsi, on peut faire un froid artificiel qui égale presque deux fois celui du fameux hyver de 1709, ou qui représente dans ces climats, la gelée qui régne assez communément en Laponie.

3°. Pendant tout le tems que la glace se refroidit, & que les deux matiéres se pénétrent réciproquement, on observe au-dessus du vase qui contient le mélange, une vapeur épaisse qu'on peut attribuer, avec assez de vraisemblance, au feu qui s'exhale,

& qui emporte avec lui des parties aqueuſes qui ſe ſont trouvées expoſées à ſon choc.

Mais, dira-t-on, ſi la matiére du feu eſt la cauſe générale de la fluidité, & que l'eau ne devienne glace, que quand elle en eſt dépourvûe à un certain point, comment ſe peut-il faire qu'une plus grande diſette de cette matiére, rende la glace liquide ?

Je réponds à cette difficulté, que ce n'eſt point parce qu'il y a moins de feu dans la glace, qu'elle ſe convertit en eau, mais parce qu'on ſubſtitue au feu qui en eſt ſorti, & qui continue de s'exhaler, une autre matiére qui ſe loge entre les parties, & qui les rend mobiles les unes à l'égard des autres. Quoique le feu ſoit la cauſe la plus générale de la liquidité, il n'eſt point la ſeule qui puiſſe faire naître ou entretenir cet état : il ſuffit qu'une matiére interpoſée empêche les parties d'un corps de ſe joindre, & qu'elle ne leur ſerve pas de lien commun ; ce corps auſſi-tôt eſt un fluide, quelque degré de froid qu'il ait d'ailleurs : c'eſt ainſi que les eſprits-de-vin, de ſel, de

nitre, &c. mêlés avec l'eau en suffisante quantité, empêchent sa congélation, & lui rendent sa fluidité quand elle l'a perdue ; les sels extrêmement divisés par la dissolution, produisent le même effet, & par la même raison.

A cette occasion, nous remarquerons un fait qui est fort singulier, l'esprit-de-vin mêlé avec la glace la fait fondre, & la refroidit considérablement : si on le mêle avec de l'eau, il fait tout le contraire ; le mélange devient sensiblement plus chaud, que ne l'étoient les deux liqueurs avant leur union. Ces deux effets qui sont si fort opposés, dépendent de bien peu de chose ; car un degré de plus ou de moins fait que de l'eau devient glace, ou que la glace retourne en eau : cependant on ne peut s'en prendre qu'à cette différence d'état ; & s'il est permis de conjecturer, quand on manque de raisons évidentes, voici comment j'essayerois d'expliquer ce double phénomene.

Le mélange de glace & d'esprit-de-vin se refroidit, parce que ces deux matiéres se pénétrent réciproquement, & que l'une, enfilant les pores

res de l'autre, en chasse la matiére du feu, comme je l'ai dit ci-dessus à l'égard du sel ; la double pénétration que je suppose ici paroît prouvée d'ailleurs ; car M. de Reaumur a fait voir * que le volume de l'eau & de l'esprit-de-vin mêlés ensemble, n'égale point celui que ces deux liqueurs ont séparément ; il faut donc qu'en s'unissant, elles se logent l'une dans l'autre. Mais quand une liqueur en pénétre une autre, & qu'elle chasse devant elle la matiére du feu qu'elle rencontre dans les pores, elle frotte nécessairement les parois de ces mêmes pores, dont les parties extrêmement mobiles se mettent à tourner sur elles-mêmes sans se déplacer ; & si la pénétration est réciproque, il doit naître dans tout le mélange un mouvement intestin, une sorte de fermentation qui ne va guéres sans chaleur, parce que le peu de feu qui reste, se trouve animé par cette agitation : ainsi l'esprit-de-vin refroidit la glace, parce qu'en la pénétrant, il n'opére qu'une plus grande disette de feu; mais il échauffe l'eau, parce qu'en lui faisant perdre une partie de son feu, il pro-

* *Mém. de l'Ac. des Sc.* 1733. *p.* 168.

cure à celui qui reſte une augmentation de mouvement qui ſupplée à la quantité.

Applications.

Pour faire glacer la crême, les liqueurs & les fruits, on ſe ſert pendant l'été, dans les offices, & chez les limonadiers, de la glace qu'on a gardée dans des ſouterrains, & qui n'a plus que le degré de froid néceſſaire pour être dans cet état; ſi on l'employoit ſeule, elle ne pourroit point faire geler de l'eau pure, ni à plus forte raiſon des matiéres graſſes, ſpiritueuſes, & chargées de ſucre, parce qu'en communiquant de ſon froid, elle reçoit une partie de la chaleur du corps qu'elle refroidit; & l'un & l'autre après cette communication réciproque, demeurent toujours moins froids que de la glace qui n'eſt point fondue; on eſt donc dans l'uſage de la refroidir artificiellement, en y mêlant quelque ſel; celui qu'on employe le plus communément eſt le ſel qu'on tire de la mer, ou des mines, pour aſſaiſonner les alimens; on en met environ une partie contre deux de glace

pilée, on mêle promptement l'un avec l'autre, & l'on y plonge un canon de fer blanc ou d'argent qui contient la liqueur qu'on veut faire glacer. Quand on veut hâter cette congélation, il faut agiter continuellement le vaiſſeau, & ratiſſer la glace à meſure qu'elle s'attache aux parois intérieures, afin que les parties qui ſont vers le centre, changent de place, & viennent à leur tour à l'endroit où régne le plus grand froid. Ces mouvemens procurent encore un autre avantage; ils empêchent que la liqueur qui ſe géle, ne ſe convertiſſe en glaçons, & ils ne lui laiſſent prendre que la conſiſtance de neige. On a raiſon de ſouhaiter que cela ſoit ainſi; car comme l'eau qui ſe géle tranquillement, ſe déſaiſit en partie des matiéres étrangeres qu'elle contient, ces ſortes de liqueurs en ſe glaçant en repos, ſe décompoſeroient, & leurs glaçons ſe trouveroient toujours preſque inſipides. La doſe du ſel qu'on doit employer avec la glace pour la refroidir, n'eſt point une choſe indifférente; ſi l'on n'en met point aſſez, la pénétration mutuelle d'où dépend le

refroidiſſement, n'eſt ni aſſez prompte, ni aſſez complette ; ſi l'on en met trop, ce qui ne ſe fond point, eſt un corps étranger, qui, toujours plus chaud que la glace, la fait fondre par le ſeul attouchement des ſurfaces, & par conſéquent ſans la refroidir. Pour éviter ces deux inconvéniens, on doit prendre pour régle, de mêler avec la glace à peu près autant de ſel que l'eau la plus froide en peut diſſoudre.

Dans les pays de gabelles où le ſel marin coûte 10 ſols la livre, des raiſons d'œconomie ont fait chercher quelqu'autre ſel de moindre prix, qu'on pût lui ſubſtituer pour refroidir la glace : on s'eſt ſervi avec ſuccès du ſalpêtre le plus commun, de celui de la premiére cuite, c'eſt-à-dire, qui n'a encore eu qu'une façon, & qu'on peut avoir pour 6 ou 7 ſols la livre. La réuſſite de cette épreuve, & l'opinion où l'on eſt, qu'il y a dans l'air des parties nitreuſes qui ſont la principale cauſe de ſon refroidiſſement, ont fait préſumer que le ſalpêtre étoit le plus puiſſant de tous les ſels pour refroidir la glace ; ce ſentiment eſt

devenu fort commun, & quelques Sçavans même l'ont avancé ſans preuves : mais M. de Reaumur ayant examiné *, le thermométre à la main, la valeur de chaque ſel pour cet effet, a reconnu que le ſalpêtre par lui-même ne procure qu'un foible refroidiſſement, & que lorſqu'il en opére un plus grand, c'eſt moins en qualité de ſalpêtre, qu'en vertu du ſel marin avec lequel il eſt mêlé, & dont on le dépouille par la ſeconde & par la troiſiéme cuite.

* *Mém. de l'Acad. des Scienc.* 1734. *pag.* 167.

Par cette èpreuve non-ſeulement on corrige une erreur qui commençoit à gagner; mais on nous fournit un moyen aſſez ſimple, & plus ſûr que ceux qui ſont en uſage, pour connoître la meilleure poudre à canon; car comme le ſalpêtre en fait la principale partie, & que le ſoufre & le charbon qui n'y entrent qu'en petite quantité, ne ſont point capables de refroidir la glace; il eſt évident que de pluſieurs ſortes de poudres celle-là doit paſſer pour la meilleure, qui fait prendre à la glace un moindre refroidiſſement, car c'eſt une marque qu'elle eſt faite avec le ſalpêtre le

plus raffiné, le plus dépouillé de ſel marin.

Le ſalpêtre non rafiné, ou le ſel qu'on en tire, & qu'on n'employe point aux uſages ordinaires à cauſe de l'amertume qui lui reſte, ne ſont pas les ſeules matiéres dont on puiſſe ſe ſervir pour refroidir la glace, au lieu du ſel qu'on achette aux gabelles. Si l'on veut épargner la dépenſe, on peut employer la ſoude, non pas celle qui vient d'Alicant, & qui en porte le nom, mais une autre eſpéce qu'on appelle *Varec;* qui ſe fait communément ſur les côtes de Normandie, & qui n'eſt autre choſe que la cendre de l'*Algue*, & de quelques autres plantes marines qu'on y brûle en grande quantité. Cette ſoude, la moins bonne de toutes, & la moins eſtimée dans le commerce, ne coûte que 2 ſols la livre, & elle refroidit aſſez la glace pour tenir lieu de ſel marin, & même pour lui être préférée à certains égards; car quoiqu'elle faſſe un refroidiſſement moins grand que lui, dans tous les cas où l'on ne ſe pique point d'opérer en 5 ou 6 minutes, elle exige moins de ſoins, pour empêcher qu'il

ne se fasse des glaçons, & elle conserve plus long-tems bonnes à prendre, les liqueurs qu'elle a converties en neige.

Comme l'évaporation du feu qui passe de l'eau dans l'air, à mesure que l'atmosphére se refroidit, occasionne la congélation ; aussi lorsque le feu se ranime dans l'air, & qu'il rentre dans la glace en suffisante quantité, il la fait fondre, il lui rend sa premiére fluidité; & c'est ce qu'on nomme *dégel.* Le feu, pour produire ce dernier effet, agit non seulement par lui-même, mais encore par les parties solides des corps qu'il anime, & qui ont plus de prise que lui-même sur la glace; par conséquent à chaleur égale, la glace se fond d'autant plus vîte qu'elle est touchée par des matiéres plus denses: sa dissolution se fait donc plus promptement dans l'eau que dans l'air; aussi remarque-t-on que le dégel n'est jamais plus général, & ne fait des progrès si rapides que par un vent du Sud, parce qu'alors l'air est communément plus doux & plus humide.

Quand le dégel est commencé,

s'il ſurvient une nouvelle gelée, l'humidité abondante qui mouille la ſurface de la terre, & le pavé des rues devient une glace continue qu'on nomme *verglas*, & ſur laquelle il eſt difficile de marcher, parce que ſe conformant aux inégalités du terrain, elle préſente continuellement aux pieds des plans différemment inclinés & fort gliſſans.

L'eau qui dégoute des toîts & des endroits qui ont été couverts de neige, dans ces ſortes d'occaſions, forme des glaçons pendans qui prennent différentes figures, ſuivant les circonſtances qui accompagnent ces écoulemens, & le degré de froid qui les ſaiſit.

Mais un des plus funeſtes effets de ces faux dégels, c'eſt d'abreuver d'eau les terres enſemencées; car auſſi-tôt que la gelée ſurvient, la racine du grain & ſa tige naiſſante ſe trouvent enveloppées de glace qui les froiſſe, qui les coupe, & qui ſouvent les fait périr.



XIII. LEÇON.

De la nature & des propriétés du Feu.

CE que le vulgaire appelle *Feu*, n'eſt à proprement parler qu'un corps embraſé, dont les parties ſe déſuniſſent ou s'évaporent en fumée, en flamme, en vapeur, &c. mais cette eſpéce de diſſolution, cet embraſement que l'on connoît tant, & ſur lequel le commun des hommes réfléchit ſi peu, n'eſt encore aux yeux du Phyſicien que l'effet (toujours admirable) d'une cauſe ſecréte qui pique extrêmement ſa curioſité, & qui ſe dérobe à ſes recherches. Comme les objets nous échappent, quand nous les conſidérons de trop loin, auſſi ne les voyons-nous que confuſément quand nous en ſommes trop près: le feu naît avec nous, il pénétre notre propre ſubſtance, ſes effets nous ſuivent par tout; rien ne nous eſt plus familier, & c'eſt peut-être une des

raiſons qui nous empêchent de connoître ſa nature, & qui font que la Phyſique la plus éclairée ne peut encore offrir que des probabilités ſur cette grande queſtion. Après une étude de deux ou trois mille ans, après les méditations des Deſcartes, des Newton, des Malbranche; après les obſervations & les expériences des Boyle, des Boerhaave, des Reaumur, des Lemery, &c. nous en ſommes encore à ſçavoir definitivement ſi le feu eſt une matiére ſimple, inaltérable, deſtinée à produire par ſa préſence ou par ſon action, la chaleur, l'embraſement, la diſſolution des corps; ou bien ſi ſon eſſence conſiſte dans le mouvement ſeul, ou dans la fermentation des parties qu'on nomme *inflammables*, & qui entrent comme principes, en plus ou moins grande quantité dans la compoſition des mixtes.

A la vérité cette derniere opinion n'a plus gueres de partiſans, & ceux qui la ſoutiennent encore, attribuent communément, ou à l'éther, ou à la matiére ſubtile le mouvement primitif, ce mouvement inteſtin des par-

ties, en quoi ils font consister la nature du feu, ce qui rapproche beaucoup les deux sentimens.

Puisqu'il faut donc revenir à une matiére qui est comme le principe du feu, & sans laquelle le mouvement qui lui est propre n'auroit pas lieu, j'aime autant dire avec la plûpart des Physiciens, qu'il y a dans la Nature un fluide propre à cet effet, créé tel dès le commencement, & qui n'a besoin que d'être excité pour agir : que ce soit l'éther, que ce soit le premier ou le second élément de Descartes, c'est ce que je n'examine point ici; le nom n'y fait rien : & comme la Nature ne produit les êtres qu'avec épargne, tandis qu'elle multiplie leurs propriétés avec profusion, je suis très-porté à croire que c'est la même matiére qui brûle & qui éclaire, qui nous fait sentir la chaleur & voir les objets; en un mot, que le feu & la lumiere considérés dans leur principe, sont une seule & même substance différemment modifiée. Développons cette idée, & tâchons d'en tirer les explications des phénoménes que nous avons à examiner dans cette

leçon & dans celle qui la ſuit.

Pour ce qui concerne le feu, j'examinerai d'abord quelle peut-être ſa nature, & comment ſon action ſe diſtribue aux parties des corps qui la reçoivent. J'expoſerai enſuite les différens moyens par leſquels on excite cet élément pour le faire agir : & enfin, je ferai voir à quoi ſe réduiſent ſes principaux effets, & j'en ſuivrai les différens progrès ; ce qui donnera lieu à quatre Sections dans leſquelles je comprendrai tout ce que j'ai à dire ſur cette matiére.

En traitant, ſuivant la Méthode à laquelle je me ſuis aſſujetti dans tout cet Ouvrage, & qui m'a paru la plus propre à éclairer l'eſprit dans la recherche des vérités phyſiques, en traitant, dis-je, par voye d'expérience, d'une matiére que ſon extrême ſubtilité dérobe à nos ſens, & que nous ne pouvons guéres connoître que par les différens rapports qu'elle a avec des objets plus ſenſibles, & par les changemens qu'elle peut cauſer dans les autres êtres matériels ; il ſeroit peut-être plus naturel de faire précéder tout ce que nous pouvons ſçavoir

de l'action réciproque du feu ſur les corps, & des corps ſur lui, avant que de rien prononcer ſur ſon eſſence & ſur ſa maniére d'être; mais lorſqu'il s'agira d'expliquer comment certains procédés mettent le feu en mouvement & augmentent ſa force, ou pourquoi il en réſulte tels ou tels effets en certains cas; je ſerai ſouvent obligé d'employer des idées qu'il eſt à propos d'avoir au moins expoſées précédemment; & c'eſt ce que je me propoſe de faire dans la premiere ſection. Une partie des propoſitions que j'y énoncerai paroîtront peut-être moins ſolidement prouvées par les raiſonnemens que j'y joindrai, qu'elles ne le ſeront pas les faits que j'aurai à citer dans les ſections ſuivantes; mais on pourra toujours les admettre comme des ſuppoſitions vraiſemblables, ſauf à ſuſpendre ſon jugement, juſqu'à ce que l'expérience vienne à l'appui du raiſonnement.

PREMIERE SECTION.

Examen préliminaire de la nature du feu, & de sa propagation.

ARTICLE PREMIER.

De la nature du Feu.

LE Feu consideré dans son principe doit être autre chose que le mouvement intestin des parties échauffées, ou la dissipation actuelle des corps embrasés : car dans l'état naturel, tout mouvement une fois imprimé se ralentit, & cesse enfin d'être sensible, en se distribuant à une plus grande quantité de matiére, comme je crois l'avoir suffisamment prouvé dans la troisiéme & dans la quatriéme leçon; le feu au contraire se communique avec accroissement : nous voyons tous les jours qu'une étincelle devient un incendie. Quand je considére à la fin du jour combien il a fallu de mouvement pour dissiper en flamme, en fumée & en cendres tout

le bois que j'ai fait brûler dans ma cheminée, il s'en faut bien que je le trouve tout ce mouvement, dans le choc du caillou & du morceau d'acier, par le moyen duquel on a allumé mon feu le matin. Il y a donc une cause indépendante des parties combustibles, qui non-seulement entretient la premiere inflammation, mais qui facilite encore ses progrès, une cause dont l'action devient plus libre & plus puissante par ses propres effets.

Cette cause doit être une matiére; peut-on la soupçonner d'être autre chose, sans s'écarter des idées les plus généralement reçûes, sans donner dans des fictions qui auroient peine à s'accorder avec un raisonnement méthodique, ou sans mettre en jeu la toute-puissance du Créateur, ce qu'on ne doit faire qu'avec beaucoup de réserve, pour ne pas risquer de lui attribuer des chiméres? On verra dans toute cette Leçon, & dans la suivante, que le feu agit immédiatement & localement sur les corps organisés & autres, qu'il se divise & se partage entre eux, qu'il se contient dans des limites, qu'il reçoit

du mouvement, & qu'il en communique : tous ces caractéres n'annoncent-ils pas clairement une ſubſtance matérielle ? & l'être qui en eſt revêtu ne peut-il pas ſans aucune difficulté ſe ranger dans la claſſe des fluides ſubtils, de même que l'air, l'éther, &c. ſur le genre & ſur l'exiſtence deſquels il n'y a point de conteſtation ?

* *Elem. chemiæ, Tom. I. pag.* 68.

Boerhaave qui a traité du feu * très-ſçavamment, & d'une maniére plus complette qu'aucun Auteur que je ſçache, en admirant la prodigieuſe ſubtilité de cet élément, obſerve que quelques Phyſiciens, frappés auſſi de cette merveille, l'ont pris pour un eſprit, plutôt que pour un corps ; *ut ab aliis pro ſpiritu veriùs quàm pro corpore ſit agnitus.* Mais on auroit tort de croire que ce ſçavant Chimiſte ait voulu ſouſcrire à cette doctrine ; puiſqu'au contraire dans la ſuite de ſon Ouvrage * il établit ſolidement & par des preuves d'expérience, que le feu conſidéré même dans ſon principe, (*ignis Elementalis*,) eſt véritablement une matiére à part, & diſtinguée des autres à la vérité, mais qui doit être compriſe dans la claſſe des êtres purement matériels.

* *Ibid. pag.* 203.

Cet

Cet habile homme, exercé dès ses premiéres années à juger de la nature des substances, par la connoissance qu'il sçavoit si bien acquérir de leurs attributs & de leurs propriétés, n'a point balancé sur celle du feu, quoiqu'il *crût avec plusieurs autres Sçavans, que cette matiére n'a pas comme les autres corps sublunaires, la tendance déterminée de haut en bas, qu'on nomme pesanteur, opinion combattue par les argumens les plus forts, mais qui a cependant frappé quelques esprits métaphysiciens jusqu'au point de leur faire imaginer en faveur du feu une classe d'êtres mitoyens entre l'esprit & le corps, une demi-matérialité. Car, disent-ils, la gravité étant une propriété de la matiére, si le feu n'est point grave, il n'est point pure matiére.

Il est vrai que nous ne connoissons point de corps appartenant à la terre, qui n'ait une tendance vers le centre de cette planete; mais on ne peut pas dire pour cela que la pesanteur soit un attribut essentiel à la matiére, qu'une substance ne puisse être matérielle, sans être pesante; le feu pourroit être

un fluide, si généralement répandu dans la nature, qu'il n'appartînt pas plus à une planete qu'à une autre, qu'il n'eût aucune tendance particuliére & déterminée, & qu'il affectât seulement de se répandre uniformément, & de se mettre en équilibre avec lui-même par un effort qui seroit tout autre que celui de cette pesanteur, dont il est ici question; ce qui n'empêcheroit pas qu'il ne fût une vraie matiére.

Mais avant que d'en venir à cette raison, on ne doit pas convenir, comme d'une chose décidée, que le feu n'ait point de pesanteur; on peut citer au contraire plusieurs expériences faites & répétées par mains de maîtres, sur la foi desquelles il paroît que certaines matiéres ont acquis du poids en acquérant du feu, comme si cet élément en eût en effet augmenté la masse, en se mêlant avec elles, & en se logeant dans leurs pores.

Boyle a écrit un Traité tout entier* pour prouver que la flamme est pesante; l'Histoire de l'Académie des Sciences par M. Duhamel fait mention de plusieurs minéraux calcinés, dont

* *De ponderabilitate flammæ.*

le poids a été augmenté d'un $\frac{1}{16}$, ou même quelquefois d'un $\frac{1}{10}$ dans l'opération : & c'eſt une choſe connue de tous les ouvriers qui travaillent a la fayance, que l'étain réduit en chaux pour faire cette eſpéce d'émail blanc, dont on enduit les vaiſſeaux quand ils ſont fabriqués en terre, que cet étain, dis-je, ſort du fourneau pour l'ordinaire d'un $\frac{1}{12}$, ou environ plus peſant qu'il n'y étoit entré.

Je ne diſſimulerai pas que ces expériences ne ſont pas auſſi déciſives qu'on pourroit le croire; ſoit parce qu'on peut ſoupçonner que cette augmentation de poids n'eſt pas cauſée par le feu proprement dit, mais par toute autre matiére qui s'unit aux corps que l'on calcine, & qui peut venir ou de l'air qui les touche, ou des vaiſſeaux qui les contiennent, ou des inſtrumens avec leſquels on les agite pendant l'opération, ou bien même du charbon qui ſert d'aliment au feu, ſoit parce qu'on eſt peu d'accord ſur ces faits, & que l'on voit un Boerhaave oppoſer les ſiens à ceux des Lemery & des Homberg, c'eſt-à-dire,

le pour & le contre ſoutenu par les plus grands Maîtres.

Mais quand l'expérience n'auroit jamais prouvé d'une maniére certaine que le feu eſt peſant, on ne peut pas dire qu'elle ait décidé le contraire; ſi la balance n'a pas perdu ſon équilibre quand on a peſé chaud, ce qu'on avoit peſé froid précédemment; il eſt plus naturel de penſer que l'augmentation du poids dans le corps chauffé, n'a point été aſſez grande pour faire trébucher l'inſtrument, que de ſuppoſer qu'elle ait été abſolument nulle; parce que toutes les autres matiéres connues ayant de la peſanteur, on ne doit point croire que celle du feu ſoit exceptée de la loi générale, ſans en avoir des preuves poſitives & évidentes.

D'ailleurs, quand on péſe une maſſe de fer embraſée, comme a fait Boerhaave, eſt-il bien décidé, & doit on croire que le feu, s'il eſt peſant, doive en pareil cas joindre ſa peſanteur à celle du métal qu'il embraſe?

Selon le ſentiment même de ce ſçavant Phyſicien, (ſentiment qui me paroît très-probable, & dont je donnerai bien-tôt les raiſons) le feu eſt

présent par tout, au-dehors, comme au-dedans des corps; dans le tems de l'embrasement le feu intérieur de la masse de fer, ne différe de celui qui l'environne, que par sa quantité ou par une plus grande action : mais l'un & l'autre communiquant ensemble avec d'autant plus de liberté que les pores du métal échauffé sont plus ouverts; dans cette supposition, je dis que le feu ne porte point son poids sur la balance, mais qu'il se met en équilibre avec celui du dehors, comme l'eau qui remplit un corps très-spongieux ne le charge point de son propre poids, si ce corps est plongé dans de pareille eau; ou, pour user d'une comparaison plus analogue au fait dont il s'agit, imaginons que je pése dans l'air libre un ballon creux & rempli d'un air semblable à celui qui l'environne, & avec lequel il communique; selon les loix de l'Hydrostatique, établies & prouvées dans notre huitiéme Leçon, le bras de la balance ne porte ici que la matiére propre du ballon, moins le poids de la quantité d'air dont cette matiére tient la place.

Et quand bien même on ſuppoſeroit que cet air intérieur, eût une action quelconque, pourvû que cette action ne changeât rien à ſa maſſe, ni à la communication libre qu'il a avec l'air environnant, les choſes ſubſiſteroient encore dans le même état.

On me dira peut-être que la comparaiſon péche, en ce que non-ſeulement le feu eſt en action dans le fer échauffé, mais qu'il y en a auſſi une plus grande quantité, que lorſqu'il eſt froid.

Hé bien, faiſons donc entrer dans notre ballon plus d'air qu'il n'y en a, pour conſerver une parité plus parfaite; mais il faut qu'on m'accorde auſſi que le ballon devient plus grand, à meſure qu'il y entre plus d'air; car on verra par la ſuite qu'un morceau de métal qui s'échauffe augmente de volume à proportion : alors je ne vois pas pourquoi l'équilibre ne pourroit pas ſubſiſter comme auparavant, ſurtout lorſqu'il s'agit d'un équilibre, qui ne peut être altéré ſenſiblement que par une inégalité de poids aſſez conſidérable, à cauſe des imperfections inévitables des inſtrumens qu'on eſt

obligé d'employer en pareils cas.

Mais ſi par ces raiſons le fer embraſé de Boerhaave n'a pas dû paroître plus peſant, pourquoi l'antimoine & le plomb calcinés de M. Homberg l'ont-ils été d'une quantité ſi conſidérable ? & pourquoi toutes les matiéres qui éprouvent un même dégré de feu, n'augmentent-elles point également en poids ? Voici ce que je réponds à ces difficultés.

Ou l'augmentation de poids dans ces minéraux ne vient point du feu; & alors il faut convenir que la peſanteur de cet élément n'eſt point prouvée par l'expérience, & s'en tenir à la probabilité fondée ſur ce que le feu eſt une matiére, & que toute matiére connue eſt peſante; ou bien on peut ſuppoſer qu'il y a certains corps où le feu demeure concentré après la calcination, au lieu de s'évaporer comme il fait le plus communément, & dont le refroidiſſement n'eſt qu'un ſimple ralentiſſement de l'action du feu; ralentiſſement qui ſeroit très-compatible avec une plus grande quantité de ce fluide aſſoupi, & comme fixé par la nouvelle diſpoſition

des parties qui le renferment, & qui le retiennent. Ne sçait-on pas, que par la calcination, ou par une simple torréfaction, nombre de matiéres deviennent propres à rendre de la lumiére, à fermenter, à s'enflammer, à fulminer même? tous ces exemples, que j'aurai occasion de faire voir dans la suite de ces Leçons, favorisent beaucoup ma derniére hypothése.

Je conclus donc que le feu, considéré dans son principe, est une vraye matiére : premiérement parce qu'il en a les attributs les plus essentiels, l'étendue & la solidité; secondement, parce qu'il en posséde aussi les propriétés les plus communes, comme la mobilité, ce qui est incontestable, & la pesanteur, selon toute apparence.

Cette matiére est un être à part, dont la nature est fixe & inaltérable; je ne puis croire, comme l'ont pensé quelques Auteurs, que ce soit un mixte résultant de l'assemblage de certaines substances réunies, & animées par un mouvement de fermentation : car il en faudra toujours revenir à expliquer cette espéce de mouvement qu'on

qu'on ſuppoſe, & qui différe des autres, en ce qu'au lieu de ſe repréſenter comme eux avec déchet, ou tout au plus ſans perte, il ſe montre toujours plus grand que la cauſe apparente qui le fait naître. Quand on me dira que des ſels, du ſoufre, de l'air, &c. mêlés enſemble à certaines doſes compoſent du feu, parce que ces matiéres fermentent; je n'en ſerai pas mieux inſtruit; ſi l'on ne m'apprend d'où procède ce mouvement de fermentation, qui a la propriété de croître comme de lui-même, & ſans qu'on y applique une nouvelle cauſe. Dans toutes ces matiéres qu'on me préſente comme les principes du feu, je ne vois, comme dans tous les autres corps, que des petites maſſes diſpoſées à partager ſeulement une certaine quantité de mouvement qu'une autre maſſe leur imprimera, mais abſolument incapables d'y rien ajoûter par elles-mêmes; l'exemple d'un petit ferment qui vient à bout de remuer, de ſoulever une grande quantité de matiére, n'eſt qu'une comparaiſon qui n'éclaircit rien quant au fond,

& qui a beſoin elle-même d'être expliquée.

D'ailleurs, je ne vois pas ces prétendus principes du feu au foyer d'un miroir concave, ni à celui d'un verre lenticulaire, où les pierres ſe calcinent, où les métaux ſe fondent & ſe vitrifient. Dira-t-on que ces rayons raſſemblés ne ſont pas un véritable feu ? ou bien en faudra-t-il diſtinguer de deux eſpéces dans la Nature? La premiére prétention ſeroit abſurde; la ſeconde ſeroit ſans fondement.

Le feu élémentaire doit être conſidéré comme un fluide, mais un fluide qui ne ceſſe jamais de l'être : ſes parties, lorſqu'elles ſe mêlent à celles des autres corps, peuvent bien s'unir, ſe fixer, pour ainſi dire, & prendre conſiſtance avec elles, à peu près comme l'air dont on trouve des particules diſſeminées dans toutes les ſubſtances terreſtres; mais ces mêmes parties n'affectent jamais une pareille union entr'elles, jamais on ne voit la matiére propre du feu, quelque condenſée qu'elle puiſſe être, former une maſſe compacte; ce cône lumineux & brûlant, dont le ſommet forme le

foyer du plus grand miroir ardent, est encore plus divisible , plus liquide, que l'air même dans lequel il est ; & dès que l'on voile la surface réfléchissante sur laquelle sa base est appuyée, il disparoît dans un instant, sans qu'il en reste aucune marque dans le lieu qu'il occupoit.

Non-seulement le feu est constamment fluide par lui-même , mais il y a toute apparence qu'il est la cause principale de toute fluidité, comme je l'ai déja avancé en plusieurs endroits de cet Ouvrage , & comme il sera facile de s'en convaincre par les faits que je rapporterai dans la troisiéme Section. C'est à l'aide de cet élément que les parties des corps se soulévent, qu'elles se détachent les unes des autres, & qu'elles jouissent de cette mobilité respective qui distingue le corps fluide de celui qu'on nomme solide : c'est par le ralentissement ou par l'absence de ce même élément que des particules qui étoient mobiles entr'elles, qui rouloient les unes sur les autres au gré de leur pesanteur , ou de toute autre impulsion , se rapprochent, se touchent davantage, se

lient & prennent conſiſtance.

Ce qui donne un grand poids à cette idée, (qui d'ailleurs eſt généralement reçûe,) c'eſt que les corps qui ſe liquefient par l'action du feu, augmentent de volume, & qu'au contraire ceux qui ſe durciſſent en ſe refroidiſſant, diminuent de grandeur; ce qui doit être néceſſairement, ſi ces deux états (la liquidité & la ſolidité) ſont cauſés, comme nous le diſons, par un fluide étranger qu'on force d'entrer dans une certaine portion de matiére, ou qu'on en fait ſortir: car il eſt naturel que deux quantités de matiére jointes enſemble occupent plus de place, que l'une des deux ſéparée de l'autre.

On pourra m'objecter qu'on voit ſouvent des corps diminuer de grandeur par l'action du feu; les rayons du Soleil, en deſſéchant la boue des rues, la font preſque diſparoître. Dans les grandes chaleurs on voit la terre s'entrouvrir de tous côtés, ce qui vient, ſans doute, de ce que l'étendue de ſa ſurface diminue; le ſel, le ſucre, &c. perdent auſſi de leur volume dans les étuves.

Dans tous ces exemples, & dans une infinité d'autres, qu'on pourroit encore citer, le feu a deux effets. Le premier, & qui est le plus considérable, est d'enlever par évaporation l'eau dont ces différentes matiéres sont pénétrées; & cette diminution qui se fait de la masse, diminution dont il est facile de se convaincre par l'épreuve de la balance, est assez grande le plus souvent pour occasionner celle du volume. Le second effet consiste à raréfier la matiére propre des corps qui se desséchent en s'échauffant, & cette raréfaction en augmente réellement la grandeur. Le même sujet devient donc en même-tems plus petit & plus grand à certains égards: plus petit, qu'il ne seroit s'il conservoit l'humidité qu'on lui fait perdre; plus grand qu'il n'auroit été, si le desséchement, l'évaporation de l'eau se faisoit par une chaleur plus lente & moins forcée; ainsi dans les cas dont il s'agit, comme dans tous les autres, le feu qui s'introduit dans les corps, en augmente réellement le volume; mais souvent cette augmentation est plus que compensée par la diminu-

tion qui ſuit néceſſairement d'une portion conſidérable, retranchée ou enlevée de la maſſe, de ſorte que nos ſens ne ſaiſiſſent ordinairement que ce dernier effet.

Il ſe préſente une difficulté plus ſpécieuſe & plus embarraſſante que celle à laquelle je viens de répondre, dans la congélation de l'eau, dans le fer fondu, & dans quelques autres matiéres qui augmentent réellement de volume, en prenant conſiſtance de ſolide; c'eſt-à-dire, en perdant une grande partie du feu dont elles étoient pénétrées. Mais je crois avoir donné des raiſons plauſibles de ces exceptions remarquables dans la Leçon précédente, * c'eſt pourquoi je ne m'y arrêterai pas davantage.

* 3e ſection, p. 104.

De tous les fluides que nous connoiſſons par nos ſens, il n'en eſt aucun dont les parties égalent en fineſſe, en ténuité, celles du feu proprement dit : une réflexion très-ſimple peut nous convaincre de cette vérité. L'eau, les huiles, les liqueurs ſpiritueuſes & les plus volatiles, les odeurs les plus pénétrantes, l'air même, au moins celui que nous reſpirons, &

qui nous eſt le plus connu, ſe contiennent dans des vaiſſeaux de métal, de verre, &c. pourvû qu'ils ſoient exactement bouchés, & on les en exclut de même : mais on ne connoît aucun moyen d'empêcher que le feu ne paſſe ou ne s'étende d'un lieu dans un autre, aucun moyen de l'aſſujettir & de le fixer lorſqu'il eſt en action ; on peut bien modérer ſes mouvemens, ralentir ſa marche par l'interpoſition de quelque autre matiére ; mais cet obſtacle, quel qu'il ſoit, le laiſſe enfin échapper, ou lui donne accès. La plus groſſe maſſe, le corps le plus compact, le plus dur, le plus froid, en apparence, s'échauffe dans toute ſon épaiſſeur, ſi le feu l'attaque ſeulement par un côté : le poiſſon qui rampe au fond de la mer, jouit à la longue de la douce température qui régne dans l'air ; & la chaleur moyenne qu'on reſſent à la ſurface de la terre, ſe retrouve dans les ſouterrains les plus profonds.

De quelle dureté, de quelle ſolidité ne doivent point être les particules ignées ! Rien ne leur réſiſte, & elles réſiſtent à tout: un diamant qu'on

laiſſe tomber dans le feu s'y dépolit, ſes angles s'y émouſſent : il y perd ſa tranſparence : tous les mixtes s'y décompoſent, au point que leurs principes, recueillis avec le plus grand ſoin & remis enſemble, ne reprennent jamais la même forme qu'ils avoient avant la déſunion : ces principes mêmes ſe ſubdiviſent encore par un plus grand feu, de ſorte que cet élément peut être regardé avec raiſon comme un diſſolvant univerſel.

S'il agit ſur des matiéres plus ſimples, les parties qu'il déſunit pourront bien garder leur premiére forme, quand on les remettra enſemble, mais il portera leur diviſion au-delà de tout ce qu'on oſeroit penſer, ſi des faits bien conſtans ne ſoutenoient un peu l'imagination. Nous avons fait voir* une très-petite goutte d'eau diviſée, juſqu'à remplir une ſphére creuſe de verre, qui avoit preſque deux pouces de diamétre. Mais pour entamer de ſi petits corps, & pour les diviſer à un tel dégré, quelle fineſſe & quelle dureté ne doit-on pas ſuppoſer à un agent qui en vient à bout !

* *Tom. 4. 11e Leçon. pag. 74.*

Ce que le feu opére ſur les autres

corps, aucun d'entr'eux ne le fait ſur lui; connoît-on quelque matiére qui ait priſe ſur celle du feu? Outre que l'expérience ne nous offre rien qui nous mette en droit de le penſer, le raiſonnement nous conduit à croire que cela eſt impoſſible; car puiſque nous voyons cet élément diviſer toutes les ſubſtances ſenſibles, juſques dans leurs moindres parties, on ne voit pas comment ces parties néceſſairement plus groſſiéres que l'inſtrument qui les déſunit, pourroient l'entamer.

La grande dureté des parties ignées réſulte de leur extrême petiteſſe; car les corps ſont d'autant moins compreſſibles, qu'ils ont moins de pores, & par conſéquent d'autant moins, qu'ils approchent plus de la premiére ſimplicité, par le petit nombre des particules qui les compoſent; on conçoit aiſément qu'un être matériel qui ſeroit un, qui ne ſeroit point compoſé de pluſieurs particules unies dans le même tout, on conçoit, dis-je, qu'un petit corps de cette eſpéce ſeroit véritablement un *atôme*, ne pourroit jamais être entamé, qu'il ſeroit inalté-

rable ; ainſi puiſque les parties du feu élémentaire ſont capables de tout diviſer, & que rien de tout ce que nous connoiſſons, n'eſt impénétrable pour elles, il faut bien que rien ne les égale en fineſſe, en ténuité, ni par conſéquent en dureté, en ſolidité.

Ce qu'il y a de plus admirable, je dirois même de plus effrayant, ſi nous étions moins accoûtumés à voir ſubſiſter les choſes telles qu'elles ſont, & ſi nous pouvions ignorer que tous les reſſorts de la Nature ſont modérés par une Sageſſe qui eſt infiniment au-deſſus de nos foibles conceptions ; ce qu'il y a, dis-je, de plus admirable, c'eſt que cet élément qui eſt capable de tout détruire, de tout diſſoudre, réſide par tout. Il eſt dans l'air que nous reſpirons, & dans lequel nous vivons depuis l'inſtant de notre naiſſance; il eſt dans la terre ſur laquelle nous marchons; il eſt dans toutes les ſubſtances que nous touchons, ou qui paſſent dans nos corps par forme d'aliment ; il eſt au-dedans de nous-mêmes, nous n'avons pas un grain peſant de chair ou d'os qui n'en ſoit plus intimement pénétré, qu'une

éponge ne l'eſt par l'eau, quand elle y eſt plongée. Sa préſence eſt univerſelle & pour les lieux & pour les tems : en quelque endroit du monde qu'on ſe tranſporte, à quelque heure du jour ou de l'année qu'on l'éprouve, on peut rendre le feu ſenſible, ſi l'on employe les moyens convenables.

On ſçait que le thermométre eſt un inſtrument qui indique les dégrés de chaud & de froid; ou pour parler plus phyſiquement, les augmentations & les diminutions de la chaleur ; car ce qu'on nomme communément le *froid*, n'eſt qu'un moindre chaud, comme nous le prouverons dans la ſuite : or ſi l'on convient que la chaleur eſt un effet du feu, on ſe perſuadera aiſément que cet élément eſt préſent en tout tems, en tout lieu, en faiſant les réflexions qui ſuivent.

Puiſque dans tous les tems de l'année, & dans tous les lieux du monde, un thermométre expoſé à l'air libre, ſouffre des variations ſenſibles, puiſque la liqueur s'éléve plus ou moins dans le tube ; c'eſt une preuve inconteſtable que toujours & par tout cet inſtrument eſt plongé dans une ma-

tiére qui le fait paroître tantôt plus, tantôt moins plein ; & cette matiére n'eſt point l'air qui l'environne, car nous ſçavons qu'il ne pénétre point le verre ; c'eſt donc un autre fluide plus ſubtil, & ce fluide eſt celui d'où procéde la chaleur, puiſque le thermométre ne paroît jamais ſe remplir davantage, que la chaleur n'augmente en même-tems ; l'air de notre atmoſphére contient donc toujours de cette matiére, que nous appellons feu élémentaire.

Qu'on applique le thermométre à tel autre corps qu'on voudra, ſoit liquide, ſoit ſolide, en quelque tems que ce ſoit, ou la liqueur de l'inſtrument pourra deſcendre, ou elle pourra monter : ſi elle monte, il eſt inconteſtable que cette matiére qui touche le thermométre, a un certain degré de chaleur, qu'elle contient une certaine quantité de feu en action. Si elle deſcend, c'eſt une marque que cette matiére eſt moins chaude, qu'elle contient un feu moins animé que celui du milieu d'où ſort l'inſtrument : mais cette matiére fût-elle de la glace, je ſoutiens qu'elle n'eſt point entiére-

ment privée de feu; car on a vû dans la Leçon précédente, * qu'en y mêlant du sel on la rendroit plus froide qu'elle n'est; de sorte que si le thermométre avoit été plongé pendant quelque tems dans cette glace refroidie, & qu'on le remît ensuite dans de nouvelle glace toute pure, il s'y réchaufferoit indubitablement, sa liqueur s'éléveroit dans le tube.

* 3e section, p. 139.

Ce que je dis de cette glace simple, auroit lieu par rapport à celle qui est refroidie par l'addition du sel, si le thermométre sortoit d'une matiére encore plus froide: & qui sçait quel est le dernier terme possible de froid, ou pour parler plus exactement, jusqu'à quel point un lieu ou une matiére peut être privée du feu, ou de la chaleur ?

Ces épreuves ont le même succès dans le vuide, le thermométre y est sujet à des variations très-sensibles; ainsi l'on peut conclurre en toute sureté que la matiére du feu est partout, puisqu'il n'y a aucun espace connu, plein ou vuide des substances que nous connoissons, où son action ne se fasse sentir.

Mais si la chaleur actuelle n'étoit pas un signe assez certain de la présence & de l'action du feu, on devroit au moins se rendre, quand il se manifeste par l'embrasement, quand il éclate en lumiére : & ne sçait-on pas que la nuit comme le jour, & partout où l'on se trouve, on peut faire éteinceler deux cailloux ou deux grès que l'on heurte l'un contre l'autre ? que le fer d'un cheval ou la bande d'une roue de charrette qui glisse sur le pavé, y fait communément une traînée de feu ? que les essieux des roues s'enflamment par le frottement, & que la lime du Serrurier met un morceau de métal en état d'allumer du bois ?

Rien ne prouve mieux cette présence universelle du feu, que ces phénoménes admirables que nous offre l'électricité : on ne peut plus douter sans affecter de l'obstination, que la matiére dont la Nature se sert pour opérer ces merveilles, ne soit, (au moins quant au fond) la même que le feu élémentaire ; mais cette matiére se trouve par-tout, puisque tout s'électrise ; elle s'y trouve toujours, puisque l'on peut toujours électriser.

Quand on s'eſt bien convaincu par l'inſpection des faits que la matiére électrique & celle du feu ſont eſſentiellement la même choſe ; il n'eſt guéres poſſible alors d'attribuer la chaleur & l'embraſement au ſeul mouvement des parties propres du corps qui s'échauffe ou qui brûle : car ce fluide qu'on voit couler d'une barre de fer, ou du doigt d'une perſonne électriſée, n'eſt certainement ni du métal ni de la chair; il eſt même d'une nature tout-à-fait différente de ces ſels, de ces huiles, de cet air au mêlange & à la fermentation deſquels on attribue l'eſſence du feu. Par de pareils extraits, un corps perdroit ſa propre ſubſtance, il s'épuiſeroit enfin ; au lieu que cette matiére enflammée qui s'élance du corps électriſé, & qui allume des liqueurs inflammables, ne paroît tenir preſque en rien aux parties propres du corps d'où elle émane.

On croit aſſez communément que certaines matiéres contiennent plus de feu que d'autres, qu'il y en a plus dans le ſoufre, par exemple, dans l'huile, dans l'eſprit de vin, dans la poudre à canon, dans le phoſphore

d'urine, que dans bien d'autres corps dont la porosité seroit même égale à celle de ces matiéres; & cette opinion est très-probable : elle est au moins fort commode pour rendre raison de la prompte inflammabilité qui distingue certaines substances des autres; & sans elle, il me semble qu'on doit avoir beaucoup de peine à expliquer l'augmentation du poids des métaux calcinés, si cette augmentation est aussi réelle qu'apparente.

Cependant Boerhaave, dont l'autorité est ici d'un grand poids, n'est point de ce sentiment; il pense que la matiére du feu est uniformément répandue par-tout, dans les solides comme dans les milieux fluides, en raison des espaces qu'elle y trouve à remplir; de maniére qu'un corps inflammable, selon lui, ne différe pas d'un autre, parce qu'il contient une plus grande quantité de feu, mais seulement parce que ses parties propres sont de nature à se prêter plus aisément à l'action du feu, quand elle viendra à être excitée. La raison qu'il en donne, & qui est très-spécieuse, c'est, dit-il, que tous les corps, quand

ils ont été un tems suffisant dans le même lieu, prennent tous la même température : un thermométre plongé dans l'eau, & ensuite dans l'esprit de vin, ou dans une huile quelconque, se tient toujours au même degré ; & cependant il est indubitable que ni dans l'une ni dans l'autre liqueur l'action du feu n'est entiérement éteinte : comment donc cette action ne seroit-elle pas plus grande dans l'esprit de vin que dans l'eau, s'il y avoit un plus grand nombre de parties ignées agissantes en même-tems ?

Il est certain que ceci forme une difficulté considérable : mais on en trouve aussi de fort grandes dans l'opinion de Boerhaave. Car en supposant avec lui que l'inflammabilité des corps consiste seulement dans une disposition de parties plus ou moins grande à se mettre en action quand le feu qu'elles renferment les y sollicite ; on sera toujours en peine de sçavoir pourquoi cette puissance interne, qui paroît être la même dans tous les corps d'un même lieu, à en juger par le thermométre, n'a pas des effets plus grands & plus prompts

ſur ceux de ces corps, dont on croit que les parties oppoſent moins de réſiſtance. Si l'eſprit-de-vin, par exemple, eſt plus inflammable que l'eau, par cette raiſon qu'il eſt compoſé de principes plus diſpoſés à obéir aux efforts du feu qu'il renferme; pourquoi ces efforts qui ne ſont pas moindres en lui qu'ils le ſont dans l'eau, comme on le ſuppoſe, n'agiſſent-ils pas avec plus d'efficacité ſur ſes parties que ſur celles de l'eau ?

Quelque parti que l'on prenne ſur cette queſtion, on doit donc s'attendre à être arrêté par des difficultés: l'imagination nous offriroit peut-être des moyens pour y répondre; mais ce n'eſt point d'elle ſeule que nous voulons recevoir des ſolutions; nous avons réſolu dès le commencement de cet Ouvrage de ne la point écouter, ſi l'expérience ne parle pour elle; les faits qui peuvent nous éclairer ſur ce qui nous arrête ici, appartiennent à la Leçon qui ſuivra celle-ci; il convient donc de ſuſpendre notre jugement, juſqu'à ce que nous les ayons vûs & diſcutés.

Contentons-nous de ſçavoir pour le

présent que le feu élémentaire, le principe & la cause de tous les feux, dont nous faisons usage selon nos besoins, est une vraie matiére distinguée par son essence de toutes les autres qu'elle anime de son propre mouvement : fluide par excellence, & incapable de sortir de cet état, d'une dureté & d'une subtilité sans pareille & toujours présente par-tout. Portons ensuite nos réflexions sur sa maniére d'être, & concevons, s'il est possible, comment l'action du feu se propage; par quel méchanisme secret il se peut faire qu'un petit embrasement en cause un plus grand, comme nous voyons que cela arrive tous les jours.

ARTICLE II.

De la Propagation du Feu.

LA propagation du feu, comme je l'ai déja remarqué, quand elle est portée jusqu'à l'inflammation, n'est point un phénoméne qu'on puisse jamais expliquer par la simple communication d'une certaine quantité de mouvement déterminée, si l'on ne

considére que le moteur apparent, & que l'on régle ses raisonnemens selon ce qui nous est connu des loix que suit la nature dans le choc des corps. Quand une matiére s'embrase par le mouvement qu'on lui imprime par dehors, il faut de toute nécessité que le choc ou le frottement, premiere cause de son inflammation, soit aidé par une puissance préexistente, qui n'attendoit que l'occasion de se manifester, par une puissance qui est comme en équilibre avec la cohérence des parties propres du corps inflammable, & qui devient victorieuse, lorsqu'un pouvoir extérieur vient ébranler ce qui la retient, & lui donner à elle un nouveau dégré d'activité. Sans cela tout ce que je vois arriver après le choc d'un caillou tranchant contre un morceau d'acier trempé, l'étincelle qui pétille à mes yeux, l'embrasement de l'amadou, l'inflammation d'une allumette, d'un fagot, d'un bûcher tout entier, &c. tout cela me représente des effets qui excédent infiniment leur cause, & si cette cause est unique, tout ce que j'ai vû est miracle; car c'est une loi fondamentale en Phy-

ſique, un axiome reçû de tout le monde, que l'effet ne peut pas être plus grand que ſa cauſe.

Ce fut apparemment cette conſidération qui porta l'Académie des Sciences à propoſer pour le ſujet du prix en 1738. la queſtion *de la nature & de la propagation du feu*, queſtion qu'elle regarda ſans doute comme importante & comme très-difficile, puiſque par la publication de ſon programme elle s'adreſſa à tous les Sçavans du monde, pour tâcher d'en avoir la ſolution.

De toutes les piéces qui concoururent, trois furent couronnées par l'Académie, & deux autres furent jugées dignes de l'impreſſion; ces deux derniéres auroient peut-être même partagé le prix avec les trois premiéres, ſi leurs Auteurs, à l'imitation du ſage Boerhaave, ne ſe fuſſent beaucoup plus occupés des choſes ſur leſquelles on peut conſulter l'expérience, que de la queſtion propoſée, qui étoit cependant le principal objet qu'il falloit remplir dans cette occaſion.

Les trois premieres piéces contiennent des choſes fort ingénieuſes ſur la propagation du feu: on ſent bien

que tout ce qu'on peut dire ſur une telle queſtion, doit indiſpenſablement tenir à quelque hypothéſe : mais j'en trouve une parmi les autres, qui m'a toujours paru ſi naturelle, & quadrer ſi bien avec ce que nos ſens nous apprennent touchant le feu & ſes différens progrès, que je n'ai jamais balancé à lui donner la préférence ; cette hypothéſe eſt du célèbre M. Euler alors Profeſſeur de Mathématiques à Petersbourg, & Membre de l'Académie Royale des Sciences de Berlin où il eſt préſentement. C'eſt principalement en ſuivant les idées de ce ſçavant Mathématicien que je vais tâcher de faire entendre en peu de mots comment le feu contenu dans l'intérieur d'un corps combuſtible devient capable d'un effet qui ſurpaſſe en apparence le pouvoir dont on ſe ſert, pour le mettre en action.

Il paroît que l'action du feu s'étend dans les corps de deux façons différentes ; quelquefois elle n'y cauſe que ce mouvement inteſtin des parties, qu'on nomme *Chaleur* par rapport à nos ſens, & qui ſe paſſe ſans diſſipation notable ; tel eſt l'état d'un mor-

ceau de pierre ou de métal que l'on plonge pendant un certain tems dans une chaudiére pleine d'eau qu'on a fait chauffer. D'autres fois elle agite tellement la matiére propre du corps dans lequel elle s'exerce, qu'elle en désunit les molécules, qu'elle les enléve, & les dissipe, comme on voit qu'il arrive à un morceau de bois que l'on a posé sur des charbons ardens.

Lorsqu'il n'y a qu'une communication de chaleur, tout se passe en apparence conformément aux loix connues; le corps qui en échauffe un autre, ne donne pas plus, pas même autant qu'il a reçû : & la chaleur acquise l'est toujours aux dépens de celle qu'on employe pour la communiquer; comme une masse en repos ne reçoit du mouvement, qu'en partageant celui d'une autre masse qui l'a choquée. Voilà comme les choses se passent en général; s'il y a quelques exceptions, quelques particularités à remarquer à cet égard, elles peuvent s'attribuer à des causes accidentelles, & ce n'est point ici le lieu d'en faire mention.

C'est donc principalement pour les cas, où il y a embrasement ou disper-

ſion des parties, que nous devons imaginer à la matiére du feu une ſorte de mouvement, ou de tendance qui la mette en état de faire comme d'elle-même ces progrès ſenſibles qui ſuivent du premier choc qui commence à l'animer. Imaginons donc, ou plutôt expoſons ce qu'on a imaginé, & ſoutenons les poſſibilités que nous aurons avancées, par des exemples qui les rendent intelligibles & vraiſemblables.

Il eſt poſſible, & c'eſt une idée reçûe depuis long-tems par les plus habiles & les plus célèbres Phyſiciens, * que la matiére du feu ait de ſa nature une force expanſive, c'eſt-à-dire, que chacune de ſes molécules peut être conçûe comme un petit ballon comprimé, qui tend à s'étendre de toutes parts, ou comme un aſſemblage de petites parties, qui font effort pour s'écarter l'une de l'autre, & à s'étendre de tous côtés pour occuper un plus grand eſpace, à peu près comme nous voyons que les plus petits globules de notre air s'étendent, & s'aggrandiſſent, quand on leur en donne lieu.

* *Malebranche, Mém. de l'Ac. des Sc.* 1699. *p.* 33. *Lemery.* Ibid. 1709. *p.* 400. *Boerhaave. Elem. Chemia, p.* 192.

Tranſportons maintenant cette premiére idée à des corps ſenſibles, & ſuppoſons

ſuppoſons qu'on ait mis dans un panier une centaine de petits globes de verre creux, remplis d'air comprimé, bien bouchés, & tellement minces qu'à peine ils puiſſent réſiſter à l'effort du fluide qu'ils renferment ; ſi par le plus petit accident quelques-uns de ces globes fragiles viennent à être heurtés, on conçoit bien que ce petit choc aidé de la réaction du fluide élaſtique qui eſt renfermé, ébranlera les parties du verre, juſqu'à le briſer ; & que ſes fragmens pouſſés violemment par l'air qui ſe dilate, pourront briſer les globes voiſins, qui par les mêmes raiſons étendront le dommage.

Ne voyons-nous pas quelque choſe d'aſſez ſemblable à cet effet, & de plus analogue au ſujet dont il s'agit, dans l'embraſement ſubit d'une charge de poudre à canon cauſée par la ſeule inflammation de quelques grains? Chacun de ces grains peut être conſidéré comme un petit ballon extrêmement fragile à l'égard des parties du feu qu'il renferme ; car en quoi conſiſte la fragilité d'un corps ? C'eſt ſans doute dans la facilité avec laquelle les parties peuvent être déſunies, or le ſal-

pêtre, le ſoufre, le charbon qui compoſent la poudre, avec l'air qui ne manque pas de s'y mêler, ſont toutes matiéres que le feu déſunit très-facilement, & qui ne peuvent que très-peu réſiſter à ſon action.

Il y a ſans doute une grande diſparité dans la comparaiſon que je fais des grains de poudre avec des globules de verre remplis d'air comprimé, & qui ſe briſent par un effort extérieur; car l'étincelle qui allume la poudre, n'a probablement ſon effet, que parce qu'elle anime immédiatement le feu que ce grain contient au-dedans de lui-même : mais on doit préſumer que ce premier ballon que je fais rompre par le choc, ſe briſeroit également, ſi une cauſe quelconque augmentoit d'un degré ſeulement la force expanſive de l'air qu'il contient, & que les plus prochains éclatteroient enſuite, ſi cette premiére portion d'air en s'échappant de ſa priſon, faiſoit ſur les autres ce que la premiére cauſe a opéré ſur elle. En retenant donc cette premiére idée qui naît de notre comparaiſon, ſçavoir, qu'un corps inflammable comme un grain de poudre à canon, par

exemple, eſt un aſſemblage de petites portions de feu dont chacune eſt enveloppée d'une autre matiére non expanſive par elle-même, mais toute prête à ſe diviſer, dès que l'expanſion du fluide qu'elle contient l'y forcera; en retenant, dis-je, cette premiére idée, voyons comment une étincelle de feu appliquée extérieurement pourra produire cet effet.

On ſe ſouviendra ici que tous les corps ſont poreux, quelque petits qu'ils ſoient, juſqu'aux parties élémentaires excluſivement: que quand pluſieurs particules de matiére s'aſſemblent pour former une petite maſſe, leur jonction n'eſt jamais telle, qu'il ne reſte entre elles des petits vuides à remplir, comme je l'ai expliqué & prouvé dans la ſeconde Leçon. * Ainſi quand nous nous repréſentons une molécule de feu, envelopée d'une pellicule de ce mélange dont on fait la poudre, nous devons ſonger que cette envelope eſt mal jointe, & que le feu qui en occupe l'intérieur, & qui s'y contient, tant que ſa vertu expanſive n'eſt pas ſuffiſante pour forcer ces paſſages étroits, ne manquera pas de les fran-

* *Tom. 1. p. 83. & ſuiv.*

chir, si son action vient à augmenter.

Et si cette action augmentée peut bien transmettre les parties ignées du dedans au dehors ; elle pourra de même les faire passer du dehors au dedans d'une pareille envelope, & animer du même mouvement les portions de feu qui seront enfermées comme elle dans son voisinage.

Ainsi de proche en proche toutes les portions de feu s'animeront, rompront leur envelope, en dissiperont les fragmens, & se mettront en liberté; & de toutes les expansions particuliéres, il se fera une explosion totale, qui sera plus ou moins prompte, suivant certaines conditions dont je vais parler. Mais avant que d'aller plus loin, il faut que je prévienne une difficulté qui se présente assez naturellement.

Pourquoi, dira-t-on, cette petite portion de feu envelopée, comme je le suppose, brise-t-elle sa prison, & pourquoi en disperse-t-elle tous les débris, s'il est vrai qu'elle y trouve des passages ouverts pour s'échaper ?

C'est que son activité est beaucoup plus grande que la liberté qu'elle a de

s'échaper par ces iſſûes trop étroites; ſon exploſion eſt ſans doute un peu moins violente qu'elle ne ſeroit, ſi elle étoit plus exactement renfermée : mais elle ne doit pas être nulle; une bombe qui auroit quelques crevaſſes éclateroit, je l'avoue, avec moins de force, que ſi elle étoit bien entiére, mais elle éclateroit toujours, comme on le peut croire.

Plus ces petites portions de feu envelopées de ces véſicules fragiles & poreuſes dont je viens de parler, ſeront nombreuſes dans un même tout, plus elles auront de communication enſemble, plus ce tout ſera combuſtible; la moindre étincelle l'embraſera dans toutes ſes parties, à peine en reſtera-t-il quelques veſtiges. C'eſt ainſi que certaines matiéres s'enflamment d'abord, & ſe diſſipent en très-peu de tems.

Mais ſi les envelopes du feu ont plus de conſiſtance; que leurs pores ſoient trop ou trop peu ouverts; que leur communication ſoit interrompue par des particules de matiére d'une autre eſpéce; alors les progrès de l'embraſement ſeront rallentis; il faudra plus de tems pour que l'action du feu ſe

transſmette ; & quand les parties du mixte les plus propres à céder à cette action auront été diſſipées par l'inflammation, il en reſtera d'autres qui n'auront été qu'échauffées, & qui ſe ſeront conſervées entiéres. Allumez de l'eau de vie, la partie ſpiritueuſe ſera enflammée & diſſipée : mais l'eau, ou ce qu'on nomme *le flegme*, reſtera au fond du vaſe avec un peu de chaleur qu'elle aura acquiſe. Conſidérez encore ce qui arrive à une bûche que l'on met au feu, elle ſe détruit quant aux parties qui peuvent céder à l'action du feu que vous y appliquez : mais il vous reſte dans la cendre la terre & le ſel fixe que ce même degré de feu n'a point entamés.

Ainſi une matiére eſt plus ou moins inflammable ſelon que le feu qu'elle contient, ſe trouve envelopé de parties plus ou moins promptes à céder à ſon action, & que ces petits aſſemblages ſont moins interrompus par des parties d'une eſpéce différente.

Mais ſi le feu eſt préſent par-tout, comme nous le ſuppoſons, il doit y en avoir auſſi dans ces particules de matiére qui retardent l'inflammation

des autres. On doit auſſi conſidérer ces corpuſcules comme des ballons dont l'intérieur eſt plein de feu ; & comme tout eſt poreux, il y a auſſi une communication ouverte du dehors au dedans ; comment ne crevent-ils pas comme les premiers ? par quelle raiſon reſtent-ils entiers ? en un mot pourquoi l'embraſement & la diſperſion des parties n'eſt-elle pas générale ? Le paragraphe précédent contient en ſubſtance dequoi répondre à cette difficulté. Dans un corps mixte toutes les parties qui renferment du feu dans leur intérieur, ne ſont pas également diſpoſées à céder au même degré d'activité de cet élément : telles ſe briſent & ſe diſſolvent d'abord, tandis que d'autres ou plus conſiſtantes réſiſtent à ce premier effort, ou plus poreuſes peut-être, offrent au feu qui les diſtend des iſſûes par leſquelles il peut s'échaper avec une promptitude preſque égale à ſon pouvoir expanſif. Dans la comparaiſon des globes de verre creux nous les avons ſuppoſés tous également fragiles : mais ſi pluſieurs d'entre eux avoient cinq ou ſix fois plus d'épaiſſeur, non-ſeulement ceux-

ci demeureroient entiers: mais on conçoit aussi que par leur interposition ils pourroient ou empêcher ou modérer la dissolution des autres.

Mais ces particules de matiére qui résistent communément à la premiére action du feu, se désunissent & se dissipent, ou se dissolvent comme les autres, quand cette action dure plus long-tems, ou qu'elle acquiert une plus grande intensité. Ainsi les parties les plus fixes des corps mixtes, le sel, par exemple, se convertit en liqueur, & la terre ou se vitrifie, ou devient une poussiére impalpable, & tous ces effets nous prouvent toujours une extrême division.

Il est presque inutile d'avertir que ces petits ballons remplis de feu que nous supposons, pour expliquer l'embrasement des mixtes, ne doivent pas être considérés comme quelque chose de sensible : ces petits êtres, s'ils existent tels que l'imagination nous les représente, quant à la forme, doivent être d'une telle finesse, que le plus petit corps apperçû au microscope, en contienne un grand nombre. La prodigieuse divisibilité de la matiére dont

nous avons donné des preuves dans la premiére Leçon,* & l'extrême ſubtilité du feu qui eſt capable de tout diviſer, nous autoriſe à faire cette ſuppoſition. La fibre la plus mince tant du regne animal que du regne végétal, le plus petit grain de métal que les yeux puiſſent ſaiſir, n'eſt donc qu'un aſſemblage imperceptible de tous ces petits êtres, de toutes ces petites maſſes compoſées elles-mêmes de pluſieurs piéces, ayant cela de commun entre elles que leur centre eſt occupé par une petite portion de feu, différant les unes des autres en ce qu'elles ne ſont pas également capables de réſiſter à tous les dégrés d'expanſion que ce fluide interne pourra exercer contre elles.

* Tom. I. p. 19. & ſuiv.

Nous pouvons ajoûter encore que comme le feu eſt préſent par-tout, non-ſeulement il occupe l'intérieur de ces petites maſſes où il eſt renfermé, mais il ſe loge auſſi dans tous les petits vuides qu'elles laiſſent entre elles, de ſorte que ces pores remplis de feu, & communiquant les uns aux autres jusqu'à la ſurface, ſont toujours prêts à tranſmettre juſqu'aux parties les plus intimes l'action du corps enflammé qu'on

applique extérieurement ; à peu près comme une traînée de poudre à laquelle on met le feu, va porter l'inflammation à la mine qui est cachée plus loin.

On voit par tout ce que je viens de dire que l'embrasement des corps, effet presque toujours plus grand que la cause visible d'où il procéde, rentre dans l'ordre des phénoménes intelligibles, si l'on admet le méchanisme que je viens de supposer, si l'on se représente chaque portion de feu contenue dans une molécule de matiére quelconque, comme un ressort antérieurement tendu & toujours prêt à rompre les liens qui le retiennent, dès que quelque effort auxiliaire viendra augmenter son activité.

Mais qui l'a tendu ce ressort ?

C'est un secret de la nature qui n'est pas encore bien dévoilé : mais quand il devroit ne l'être jamais, si le fait est certain, si le feu s'offre toujours à nous avec cette force expansive ; si nous avons des raisons assez solides pour croire que ce même feu avec cette propriété que nous lui connoissons, se trouve présent jusque dans les plus

petites portions de matiére, cela suffit pour nous rendre raison du phénoméne de l'inflammation & de ses progrès. Si j'avois formé un corps avec des grains de poudre à canon mêlés en suffisante quantité & liés ensemble, par l'interméde de quelque autre matiére moins inflammable, & que je misse le feu à quelques-uns de ces grains de poudre, l'inflammation deviendroit bien-tôt générale, & toute la masse disparoîtroit; seroit-il nécessaire alors, pour expliquer cet effet considéré en lui-même, que je sçusse d'où la poudre tient sa vertu expansive? Ne me suffiroit-il pas de sçavoir qu'elle est telle de sa nature, qu'elle s'allume avec explosion, & qu'un grain allumé en allume d'autres? Et quand je n'en sçaurois jamais davantage, en serois-je moins fondé à dire que le bouleversement total & subit du composé dont elle faisoit partie, a été causé par la propriété qu'elle a de s'enflammer avec explosion?

S'il est permis pourtant de conjecturer, quand on manque de raisons évidentes, je crois entrevoir la puissance contractive qui tend, pour ainsi dire, les

reſſorts du feu élémentaire dans l'intérieur des corps. On ne peut pas nier que la plus petite maſſe ne ſoit un aſſemblage de particules qui s'uniſſent non-ſeulement par *juxta-poſition*, mais par une force poſitive qui rend leur union d'autant plus ſolide, qu'elles ſe touchent de plus près & en plus de points. Que cette force ſoit inhérente dans la matiére, comme le veulent la plûpart des Newtoniens d'aujourd'hui, ou qu'elle pouſſe extérieurement ces particules l'une vers l'autre, comme j'ai tâché de le faire entendre en parlant de la dureté & de la molleſſe des corps; * c'eſt ce dont il ne s'agit point ici; les Phyſiciens partagés ſur la nature de cette puiſſance conviennent tous qu'il y en a une; & c'eſt ſur cet accord général que je vais fonder quelques raiſonnemens.

* *Tom.* 2. *pag.* 446. *& ſuiv.*

Quand les parties de matiére s'approchent, & ſont portées l'une vers l'autre pour former une petite maſſe, elles comprennent entre elles une portion de feu qui ſe reſſerre dans un eſpace plus petit de plus en plus, à meſure que les particules de matiére qui le renferment, s'approchent davantage.

Tant que ces particules de matiére ne ſont pas jointes juſqu'à un certain point, une partie de ce feu reſſerré dans des bornes trop étroites ſe fait jour, & s'échape par les jointures encore trop larges pour s'oppoſer à ſon évaſion ; juſque-là ce feu renfermé n'eſt pas plus condenſé, plus tendu, plus concentré que celui qui eſt libre aux environs.

Mais la puiſſance qui durcit les corps en ſerrant de plus en plus les particules dont nous parlons, les unes vers les autres, continuant d'agir, opére deux choſes à la fois. Elle reſſerre davantage les jointures, & par une conſéquence néceſſaire elle diminue l'eſpace compris entre ces particules rapprochées. Delà il ſuit 1°. que le feu s'y trouve plus reſſerré qu'auparavant, & dans un état de tenſion qui le fait réagir contre les parois de ſa priſon. 2°. que cette réaction doit ſubſiſter & perſévérer tant qu'elle n'eſt pas ſuffiſante pour vaincre la difficulté que le feu trouve à s'échaper par ces jointures trop ſerrées.

Ainſi dans un corps qui n'eſt point enflammé, le feu qui eſt toujours en

action, (car cet élément n'eſt jamais dans un repos parfait,) eſt en équilibre ou avec lui-même, quant aux parties qui ſont libres dans les pores, ou avec les obſtacles qui le retiennent, & qui empêchent qu'il ne ſe déploye, s'il eſt condenſé.

C'eſt peut-être par quelque méchaniſme ſemblable que l'air, tout expanſible qu'il eſt, ſe concentre, pour ainſi dire, dans tous les corps, de maniére que quand il s'en dégage, nous lui voyons occuper des eſpaces incomparablement plus grands que ceux dans leſquels il avoit été reſſerré par la ſeule opération de la nature. Le fait au moins eſt du nombre de ceux dont on ne peut douter, j'en ai rapporté les preuves ailleurs : * & cet exemple eſt d'un grand poids pour appuyer l'opinion de ceux avec qui je penſe que le feu qui eſt renfermé dans les molécules des corps, eſt dans un état de contraction.

* *Tom.* 3. *p.* 312. & *ſuiv.*

Il eſt indubitable que le feu eſt toujours en action non-ſeulement dans les corps enflammés & qui ſe conſument par la diſperſion de leurs parties, non-ſeulement dans les matiéres qui ſont ſenſiblement chaudes, mais même dans

toutes celles qui n'ont que de ces dégrés de chaleur foible que nous appellons *froid*. Mais de quelle espéce est cette action ; est-ce un tourbillonnement de parties, d'où naisse une force centrifuge ? est-ce un simple mouvement de vibration ? C'est ce que je me dispense de rechercher ici, n'ayant rien à attendre de l'expérience pour l'éclaircissement de pareilles questions; il n'est peut-être déja que trop entré de conjectures dans cette premiére Section ; & la ferme résolution que j'ai prise d'en user toujours avec beaucoup d'épargne dans ces leçons, m'en feroit retrancher une bonne partie, si je ne les croyois nécessaires pour conduire l'esprit à des connoissance plus certaines.

Au reste, en essayant de deviner ce qu'on ne voit pas avec évidence, j'ose dire que je ne me suis pas écarté des principes connus, ni d'une certaine vraisemblance qui se tire des faits analogues. La plûpart des idées même que j'ai employées, sont adoptées par les Auteurs les plus célébres, & l'on sentira encore mieux ce qu'elles peuvent valoir, quand on aura reflé-

chi ſur les expériences & ſur les obſervations que je ferai entrer dans les trois ſections ſuivantes.

II. SECTION.

Des moyens par leſquels on peut exciter l'action du Feu.

AUtant l'uſage du feu nous eſt néceſſaire, autant il nous eſt facile de nous le procurer, quand nos beſoins le demandent ; non-ſeulement parce qu'il eſt préſent par-tout, mais encore parce que les moyens de le rendre ſenſible ſont à la portée de tout le monde. Les Nations les moins inſtruites des ſecrets de la Nature & des inventions de l'art, n'ignorent pas la maniére d'allumer du feu ; le Sauvage Américain le plus ſtupide ne doit rien à cet égard aux Européens qui ont fait la conquête de ſon pays, & qui l'ont éclairé ſur d'autres points.

Eſt-il naturel de penſer avec quelques Sçavans de nos jours, que les premiers hommes ayent été longtems ſans avoir l'idée du feu, & qu'ils ne

ne l'eussent jamais eue, si des forêts ne se fussent embrasées par le tonnerre ou par quelque autre accident, si les feux soûterrains n'eussent formé des volcans, si des frottemens ou des chocs purement fortuits n'eussent décelé cet élément caché dans le sein de la Nature ? On passe dans les Ecoles plus d'un mois à prouver aux jeunes gens qu'Adam avoit reçû de Dieu toutes les sciences par infusion; l'ignorance qui fut bien-tôt après la punition de son péché, fut-elle donc assez générale pour lui ôter jusqu'à l'idée du feu ? Oublia-t-il jusqu'à l'usage des élémens ? Quoi qu'il en soit, cette idée ne fut pas si long-tems à reparoître dans le monde; car sans parler de ce glaive de feu que le Chérubin faisoit flamboyer à la porte du Paradis terrestre, quand nos premiers parens en furent exclus, & des sacrifices d'Abel & de Caïn, qui probablement ne s'achevoient pas sans que l'offrande fût consumée; les Livres saints * nous apprennent que Tubalcain, qui vivoit au commencement du second siécle de l'univers, devint un fondeur & un forgeron très-habile,

* *Genes. cap.* 4.

ce qui ſuppoſe une grande connoiſſance du feu, & même un aſſez longue expérience de ſes effets. Mais ne nous arrêtons pas davantage à ces ſortes de queſtions, qui n'ont qu'un rapport aſſez indirect avec l'objet dont nous voulons nous occuper, & qui d'ailleurs ne ſont pas d'une grande importance; entrons en matiére, & voyons comment on détermine le feu qui eſt caché dans l'intérieur des corps, à ſe manifeſter au-dehors.

On peut rapporter à deux ou trois chefs tous les moyens que nous employons pour exciter le feu; je dis pour exciter, afin qu'on ne confonde pas l'inflammation qui ſe communique avec celle qu'on fait naître; car lorſqu'une bougie allumée met le feu à de la paille ou à du bois, ce n'eſt qu'une propagation de l'embraſement qui ſubſiſtoit déja, & qui s'entretenoit dans la méche abreuvée de cire fondue; mais ce feu ſenſible de la bougie vient primitivement d'une étincelle excitée par quelqu'autre moyen.

Celui dont on ſe ſert le plus communément, c'eſt le choc réitéré, ou (ce qui eſt preſque la même choſe)

le frottement des corps durs : il n'y a point de corps ſolides qu'on ne puiſſe échauffer par cette voye, & il y en a peu dont la chaleur excitée ainſi, ne puiſſe être augmentée, juſqu'à étinceler, juſqu'à brûler : mais ces effets ſont plus ou moins prompts, plus ou moins grands, ſelon la nature des corps choqués ou frottés, & ſelon la durée ou la violence du frottement.

Quant à la nature des corps, ceux qui ont le plus de denſité, & en même-tems le plus de ténacité & de reſſort dans leurs parties ſont communément les plus propres à s'échauffer ou à s'enflammer par le frottement.

En ſecond lieu, comme le frottement croît principalement par la preſſion, & par la vîteſſe du mouvement, plus la colliſion eſt violente, plus elle eſt fréquente, plus auſſi elle eſt efficace ſur les mêmes corps. Les expériences que je vais rapporter ſerviront de preuves & d'éclairciſſemens à ce court expoſé.



PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut tenir d'une main un de ces cailloux tranchans, qu'on nomme vulgairement *pierres à fusil*, & de l'autre main un morceau de vieille lime, un couteau fermé dont la lame se présente par le dos, ou tout autre morceau d'acier trempé; heurter un de ces corps contre l'autre à plusieurs fois en glissant, & recevoir sur une feuille de papier blanc toutes les petites parties qui se détacheront par le choc réitéré.

EFFETS.

Tout le monde sçait que de cette collision il naît des étincelles qui sont véritablement du feu, puisque l'on s'en sert tous les jours, pour allumer un morceau d'amadou, une méche soufrée, une chandelle, &c. Il faut observer de plus, que parmi ces étincelles il y en a qui pétillent d'un feu extrêmement brillant, qui se divisent, & qui ont une scintillation très-marquée, tandis que les autres ne

paroiſſent que rouges, & ſe précipitent d'une maniére plus peſante. Enfin l'on peut remarquer ſur le papier une eſpéce de pouſſiére, ou une infinité de petits fragmens dont pluſieurs roulent, au gré de leur peſanteur, quand on incline le plan qui les ſoutient.

EXPLICATIONS.

Le tranchant du caillou heurtant vivement, & comme en grattant la ſuperficie de l'acier, en coupe des parcelles qui ſe détachent, & que la ſecouſſe fait ſauter en l'air. Ces parties qui s'arrachent ainſi ſont très-petites, parce que l'acier trempé qui eſt fort dur, ne ſe laiſſe entamer que très-difficilement ; ainſi dans cette opération une très-petite partie de métal reçoit un très-grand choc.

Or s'il eſt vrai, comme nous l'avons dit dans la premiére ſection, que cette petite maſſe ſoit un aſſemblage de petits ballons, dont chacun ſoit rempli par une petite portion de feu élémentaire toujours animé d'une force expanſive, il eſt naturel que le choc, qui eſt très-grand,

par rapport à une ſi petite quantité de matiére, faſſe ici deux choſes; la premiére, qu'il comprime & qu'il ébranle toutes les parties qui tiennent le feu renfermé entr'elles; la ſeconde, qu'il augmente de quelques degrés le mouvement ou l'activité de ce même feu: d'où il doit arriver, ou que la molécule d'acier ſe diſſolve juſques dans ſes moindres parties, ou ſi l'effet ne va pas juſqu'à la diſſolution, on peut au moins s'attendre de voir briller le feu à travers de tous les pores dilatés du métal qui réſiſte à ſon entiére expanſion.

Voilà les conſéquences que nous pouvons tirer des principes que nous avons ſuppoſés précédemment, & c'eſt auſſi ce que l'expérience nous met ſous les yeux; car ces étincelles mornes, qui ſont à peine rouges, & qui tombent péſamment, ne ſont que des fragmens de métal qui ont une forme à peu près ſemblable à celle de ces petits copeaux qu'on fait avec la lime, & qui pour cela ſe nomment *limaille;* ce qui fait bien voir que leur degré de chaleur n'a pas excédé celui qui fait ſimplement rougir le mé-

tal : mais les autres étincelles, celles qui ſcintillent & qui éclatent, ſont des particules d'acier qui ſe ſont échauffées juſqu'à ſe fondre, & ſouvent même juſqu'à ſe brûler & perdre une partie de leurs principes.

On peut aiſément ſe convaincre de tout ce que j'avance ici, en examinant avec un microſcope cette pouſſiére qu'on trouve ſur le papier blanc quand on a fait étinceller l'acier avec le caillou : les fragmens de celui-ci *a, a, a. Fig.* 1. ſe diſtinguent aiſément par leur couleur & par leur transparence ; ceux du métal *b, b, b, b.* ſont des petites piéces minces anguleuſes, irréguliéres, & quelquefois luiſantes, telles qu'elles doivent être en cédant au tranchant qui les détache de la maſſe, ou bien ce ſont des boulettes bien arrondies *c, c, c, c.* dont les unes encore attirables par l'aimant, conſervent toute la dureté qui convient à l'acier ; les autres refuſant quelquefois (quoi qu'aſſez rarement) de s'attacher au couteau aimanté, s'écraſent ſous l'ongle comme le corps le plus friable.

La figure ſphérique de ces petits

corps ne permet pas de douter qu'ils n'ayent été un inſtant en fuſion ; c'eſt celle que prennent & que doivent prendre toutes les matiéres amollies qui ſe trouvent librement plongées dans un fluide, comme l'étoient dans l'air ces petites maſſes d'acier au moment de leur ſcintillation ; & l'on ne conçoit pas qu'elles ayent pû s'arrondir de la ſorte par la façon ſeule dont elles ont été détachées. Les deux différens états de ces globules nous autoriſent à croire que les unes (celles qui ſont dures, & que l'aimant attire encore) n'ont été que fondues ſimplement ; & que les autres par un dégré de feu plus violent, ont paſſé la ſimple fuſion & ſe ſont converties en ſcories.

Ce qui me fait penſer ainſi, d'après M. Hook, * qui me paroît être le premier qui ait éxaminé ces fragmens d'acier au microſcope ; c'eſt une expérience que M. de Reaumur me fit faire autrefois pour éclaircir quelques faits qui ont beaucoup de rapport à celui que j'explique maintenant, ou plutôt qui en ſont des dépendances. On engage la tête d'une aiguille à coudre dans

* *Extrait de la Micrographie de M. Hook. Journ. des Sc. du 20. Déc. 1666.*

dans un petit manche de bois pour la tenir commodément, on mouille un peu la pointe de cette aiguille, & on l'applique ensuite contre un grain de limaille d'acier extrêmement fin, qui ne manque pas de s'y coller; on place ensuite l'aiguille dans la flamme d'une bougie, de façon que sa pointe & environ un tiers de sa longueur en soient dehors. *Fig.* 2. Dans un tems très-court la partie de l'aiguille qui est hors de la flamme devient rouge, & la couleur ayant gagné jusqu'au bout, on voit le petit grain de limaille prendre aussi différens dégrés de couleur & de chaleur. Si l'on se contente de le faire rougir seulement, il ne perd ni sa dureté ni sa forme, qu'on retrouve les mêmes quand il est refroidi : mais s'il est échauffé jusqu'à blancheur, & jusqu'à scintiller, alors on remarque qu'il s'est tuméfié & comme arrondi, & le plus souvent il s'écrase sous l'ongle à la moindre pression, ce qui prouve bien qu'il est scorifié.

On ne doit pas être surpris que toutes les particules d'acier, quoique détachées par le même choc, & du même morceau, ayent pourtant un fort

ſi différent. La pierre qui heurte comme en gliſſant, n'attaque peut-être pas avec un égal dégré de force toutes les particules qu'elle arrache; ces particules elles-mêmes ſont plus groſſes les unes que les autres, & l'on peut encore préſumer que les portions de feu qu'elles renferment, ne ſont pas toutes également diſpoſées à ſe mettre en action. Ces différences qu'on peut raiſonnablement ſuppoſer, & peut-être bien d'autres encore qu'il ne nous eſt pas poſſible de faire entrer en compte, parce que nous ne connoiſſons pas aſſez l'état intérieur des corps, ſont plus que ſuffiſantes pour donner lieu à toutes ces variétés.

Ce qui paroîtra peut-être plus ſurprenant, & ce qui le parut en effet à pluſieurs ſçavans Chymiſtes il y a dix ou douze ans (*a*), c'eſt que l'acier

(*a*) Sur la fin de l'année 1736, M. Kemp de Kerkwyk d'Utrecht, réveilla l'attention des Sçavans ſur ce phénoméne de l'acier enflammé & fondu par le choc du caillou, en leur propoſant un problême ainſi énoncé : « Quand » on frappe l'acier contre une pierre à fuſil, on » trouve que les étincelles reçûes ſur un papier

puisse en si peu de tems, & par une cause en apparence si légére, rougir, se fondre, se scorifier.

Mais on revient de cet étonnement quand on fait attention d'une part à la nature de l'acier, qui contient une très-grande quantité de matiére in-

» blanc & portées au microscope sont la plûpart » de l'acier fondu, scorifié ou vétrifié, que l'aiman n'attire plus. Or je demande 1°. lequel » des deux instrumens contribue à cette destruction ? 2°. quelle substance est employée » à cela ? 3°. De quelle maniére cela se fait ou » doit se faire. 4°. Le fer étant employé au lieu » d'acier, pourquoi ces étincelles scorifiées se » présentent-elles plus rarement & presque » pas ? Ces demandes paroissent insolubles, parce qu'on ne sçauroit presque s'imaginer que » le fer qui demande un feu violent pour se » mettre en fusion, soit dans l'instant d'un coup, » pas seulement fondu, mais tout-à-fait détruit.,,

M. Muschenbroeck, qui étoit alors Professeur à Utrecht, envoya cet énoncé à M. Dufay, pour le remettre à M. de Reaumur, qui donna la solution du problême dans toutes ses parties, ce qui fit la matiére d'une Dissertation fort instructive, quoique très-courte, qu'on trouve imprimée dans les Mémoires de l'Académie des Sciences pour l'année 1736. C'est principalement de cet écrit que j'ai tiré les éclaircissemens nécessaires pour expliquer les deux premiéres expériences de cette section, c'est-à-dire, celles des étincelles tirées de l'acier, & celle qui va suivre.

flammable, à celle du caillou même, dont le ſoufre ſe manifeſte par une odeur très-ſenſible, quand on heurte l'une contre l'autre deux pierres de cette eſpéce, & quand on conſidére d'une autre part l'extrême petiteſſe du morceau de métal qui s'embraſe : car ce choc qui ne paroît pas fort conſidérable à bien des égards, eſt immenſe par rapport à la petite quantité de matiére ſur laquelle il agit.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

A. Fig. 3. eſt un lingot d'antimoine fondu avec deux fois ſon poids de fer que l'on jette dans le creuſet en petites lames minces, afin qu'elles ſe mettent plus aiſément en fuſion, & que l'on remue à meſure qu'elles ſe fondent pour faciliter le mêlange. * Ce lingot eſt aſſujetti dans un étau, qui tient ſolidement à une table, & l'on fait paſſer deſſus à pluſieurs repriſes, une groſſe lime neuve d'un bout à l'autre, en appuyant fortement, comme on fait quand on veut dégroſſir un morceau de métal.

* *Voyez les Mém. de l'Acad. des Scienc.* 1736. *pag.* 398.

EFFETS.

A chaque coup de lime on voit une traînée de grosses étincelles qui s'élancent en avant, & qui tombent sur la table ; les unes éclatent d'une lumiére blanche & scintillent ; les autres ne sont que rouges & ne pétillent point. Quand on les reçoit sur un morceau de papier, elles le brûlent & le trouent en plusieurs endroits ; & quand on les examine au microcospe, on voit clairement que ce sont des parties détachées du lingot, dont les unes ressemblent, à peu de chose près, à la limaille ordinaire de fer ou d'acier, & les autres sont arrondies & d'une surface très-lisse.

EXPLICATION.

Dans cette expérience la lime fait sur le lingot, à quelques différences près dont je vais parler, ce que le caillou tranchant a fait dans la précédente sur le morceau d'acier trempé ; elle a entamé dans plusieurs endroits cette masse dure & cassante dont elle a détaché des petites parties en les heurtant & en les pressant avec

violence ; & comme ces particules renfermoient du feu, le choc qu'elles ont souffert a mis cet élément en action ; & selon qu'elles lui ont opposé plus ou moins de résistance, les unes ont été échauffées jusqu'à rougir seulement, les autres l'ont été jusqu'à la fusion, ou même jusqu'à la scorification.

Les parties du lingot que la lime détache, sont beaucoup plus grosses & en plus grand nombre, que celles de l'acier qui cédent au tranchant du caillou, parce que cette composition de fer & d'antimoine a beaucoup moins de dureté que le métal pur & durci par la trempe. D'ailleurs la lime dont on se sert ici, par sa longue & large surface toute hérissée de pointes tranchantes, doit faire un grand nombre de fois, lorsqu'on la traîne sur le lingot, ce que la pierre à fusil ne peut opérer qu'une seule fois, à chaque coup, lorsqu'on lui fait grater l'acier.

Une raison qu'on peut alléguer encore, c'est que la lime étant un corps long, son frottement est continu ; les parties qui cédent à la fin du coup ont été déja ébranlées, & fortement

échauffées par une infinité de petits chocs & de preſſions qui ont précédé, & qui ont déja mis le feu intérieur de la maſſe en mouvement, comme on peut s'en convaincre en portant le doigt à l'endroit où l'on a fait paſſer la lime. Voilà ſans doute pourquoi ces parties, quoique communément beaucoup plus groſſes que celles de l'acier qui ſont détachées par la pierre à fuſil, ne laiſſent pas cependant que de s'échauffer aſſez pour devenir rouges & pour ſe fondre, ce qu'elles font rarement & difficilement quand on les détache, en battant le lingot contre le caillou.

Mais la cauſe principale de leur inflammation, c'eſt la grande quantité de matiére ſulphureuſe dont elles ſont remplies; le fer, comme l'on ſçait, en contient beaucoup, mais l'antimoine en a bien davantage; ces deux matiéres unies enſemble par la fuſion, forment en ſe refroidiſſant un corps très-propre à faire feu contre une lime; le fer donne à l'antimoine la dureté qu'il lui faut pour ne ſe laiſſer entamer que par un choc violent; & l'antimoine ajoûte au fer tout ce

qu'il lui faut de matiére inflammable pour prendre feu dans le moment de la percussion; car ce n'est point assez qu'il y ait du feu dans un corps pour qu'il se manifeste aussi-tôt qu'on l'excite; il faut que ce feu trouve autour de lui des matiéres prêtes à céder à son action, & à se mettre en mouvement avec lui, & ce sont ces matiéres que l'on appelle inflammables, qui parsemées en plus ou moins grande quantité dans un corps quelconque, font que ce corps s'échauffe ou s'enflamme plus ou moins facilement qu'un autre.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

B. Fig. 4. est une espéce de fuseau de bois un peu ferme, comme de chêne, de noyer, de poirier, de hêtre, &c. dont les pointes sont un peu camuses, & au milieu duquel on a creusé un place pour la corde d'un archet. Un homme appuye contre sa poitrine une petite planche de quelqu'un des bois que je viens de nommer, & dans laquelle on a commencé

un trou ; il met un des bouts du fuſeau dans ce trou, & l'autre bout dans un autre trou fait à une ſemblable planche, qui eſt aſſujettie contre la muraille ou dans un étau. Enſuite en appuyant avec ſon corps, il fait aller & venir l'archet vivement, comme on voit faire à un Serrurier qui perce un morceau de fer avec un foret.

EFFETS.

Peu de tems après que le fuſeau a commencé à tourner, on voit le bois changer de couleur & ſe rouſſir aux endroits du frottement ; il s'en éléve de l'odeur, enſuite de la fumée, & bien-tôt après on voit paroître du feu avec lequel on peut allumer de l'amadou, une méche ſoufrée, ou quelqu'autre corps combuſtible.

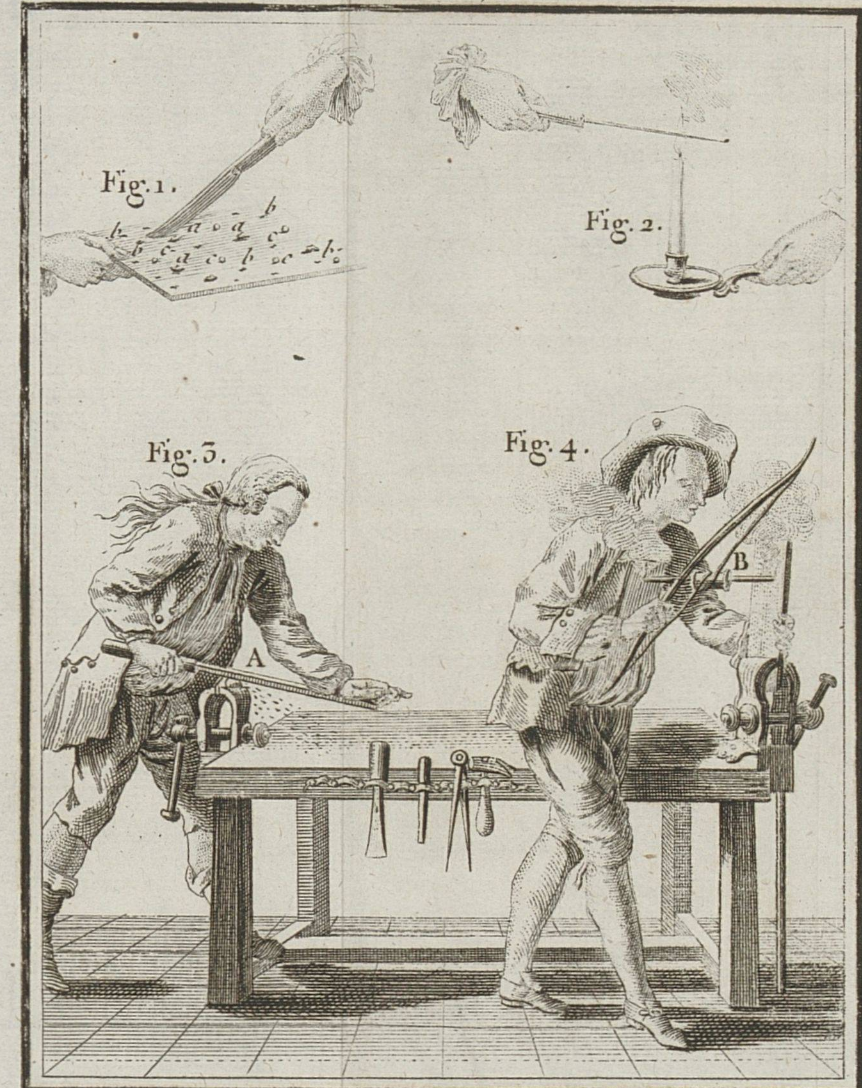
EXPLICATION.

Comme il y a du feu dans tout, il y en a par conſéquent dans le bois ; ce feu excité par le frottement fait effort pour briſer les petites loges dans leſquelles il eſt renfermé : mais ces petites cellules ſont preſque toutes faites de ces matiéres que nous nom-

mons inflammables, c'eſt-à-dire, qui cédent le plus aiſément à l'action du feu. Il faut bien que cela ſoit, car ſi l'on met le feu à une grande quantité de bois, la cendre qui eſt la ſeule partie que le feu ne diſſipe point, eſt bien peu de choſe en comparaiſon de ce qui diſparoît Ainſi dans notre expérience ce ſont les parties les plus volatiles du bois qui commencent par s'exhaler en odeur & en fumée, les autres rougiſſent & forment du charbon.

C'eſt par une pratique aſſez ſemblable à celle qu'on vient de voir, que les Indiens allument du feu pour leurs beſoins les plus communs : ils appuyent un bâton pointu dans un morceau de bois un peu creuſé, & ils le font tourner entre les deux mains, comme cet inſtrument avec lequel nous faiſons mouſſer le chocolat.

Un bois qui ſeroit trop tendre ne réuſſiroit pas bien, parce qu'il s'arracheroit par petits morceaux avant que ſes parties moindres pûſſent éprouver un frottement aſſez rude pour animer le feu qu'elles renferment ; peut-être auſſi parce qu'étant très-poreux, il


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
A
B

laisseroit trop aisément échapper le feu qu'il contient entre ses molécules ; ce qui empêcheroit cet élément de recevoir le degré d'activité qu'il lui faut pour enflammer.

On conçoit bien aussi qu'il ne faut pas prendre un bois trop verd ou abreuvé d'eau ; car les parcelles de feu seroient éteintes à mesure qu'elles s'allumeroient.

Un bois trop sec, trop vieux, n'est pas non plus ce qu'il faut, parce qu'il a perdu la plus grande partie de ses substances les plus promptes à recevoir & à transmettre l'inflammation. La plûpart des bois durs, sur-tout ceux qui viennent des Indes, sont presque toujours propres à s'enflammer par le frottement; quelque secs qu'ils soient, ils ont naturellement tant de parties grasses & sulphureuses, qu'il leur en reste toujours assez. Il y en a même tels qui en ont trop, & dont le frottement ne seroit pas assez rude, à cause de l'huile qui transsuderoit des pores, & qui se trouveroit interposée en assez grande quantité entre les surfaces frottantes. Les Indiens, guidés seulement par l'expé-

rience, préférent pour cet uſage le bois de fer (*a*) aux autres eſpéces ; & l'on trouvera qu'ils ont raiſon d'en uſer ainſi, en faiſant attention à la nature de ce bois, qui eſt très-dur, & par conſéquent en état d'être frotté avec violence, & qui n'eſt point gras comme la plûpart des autres bois du même pays, qui pourroient approcher de ſa dureté.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut mettre entre deux papiers un peu épais, gros comme un très-petit pois de ce Phoſphore, qui porte communément le nom de Kunckel, un de ſes premiers inventeurs, (*b*) appuyer le tout ſur le bord d'une ta-

(*a*) *Syderoxylon.* C'eſt un bois dont la couleur eſt d'un rouge un peu brun ; il eſt très-dur & fort peſant ; les Indiens en font une eſpéce de maſſuë, qui eſt leur arme la plus commune.

(*b*) On le nomme aſſez ſouvent auſſi *Phoſphore d'Angleterre*, parce que pendant un tems aſſez conſidérable M. Gotfritch - Hantkuit, Chymiſte - Apoticaire de Londres, qui en avoit reçû le procédé de Boyle, a été preſ-

ble, & frotter deſſus avec le manche d'un couteau, ou avec quelqu'autre choſe à peu près ſemblable.

Effets.

En très-peu de tems ce Phoſphore s'allume, enflamme les deux morceaux de papier, & répand dans l'endroit où l'on fait cette expérience, une odeur forte, aſſez ſemblable à celle de l'ail.

Explication.

Le Phoſphore dont il s'agit ici, eſt une de ces découvertes par leſquelles

que le ſeul qui en fît commerce, & qui en fournît aux Phyſiciens & aux curieux. Quoiqu'on ſçût en général la maniére de le faire, il y a dans la manipulation quelques tours de main qu'on avoit tenu ſecrets, & qui faiſoient que très-peu de perſonnes y avoient réuſſi. Préſentement tout le myſtère eſt révélé : on fait ce Phoſphore en Allemagne & en France tout communément; & on le fera par tout ailleurs ſi l'on veut ſuivre exactement le procédé que l'Académie des Sciences a rendu public dans ſes Mémoires pour l'année 1737, après les épreuves qui en ont été faites avec un plein ſuccès par Meſſieurs Dufay, Hellot, Geofroy & Duhamel; & dont j'ai eû le plaiſir d'être témoin.

un heureux hasard vient quelquefois dédommager le laborieux Artiste d'un grand nombre de tentatives entreprises avec des vûes chimériques, & faites sans succès. Presque tous ceux qui se sont entêtés du grand œuvre, ont cherché ce que l'imagination leur faisoit concevoir de plus précieux dans leur art, cet Agent universel, qui doit selon eux, convertir en or les autres métaux, leur a fait, dis-je, chercher cette pierre philosophale, dans tout ce qu'il y a de plus méprisable & de plus méprisé par le reste des hommes, dans leurs propres excrémens. C'est en traitant l'urine avec cette trompeuse espérance, qu'un Chymiste Allemand (*a*) rencontra cette matiére lumineuse & brûlante, qu'on peut regarder comme une des plus curieuses découvertes du dernier siécle.

(*a*) Brandt, Bourgeois de Hambourg, fit le premier la découverte du Phosphore d'urine en l'année 1677. Peu de tems après Kunckel, autre Chymiste Allemand, jaloux de cette nouveauté, fit tant par un travail opiniâtre, qu'il parvint à la découvrir, & comme il avoit plus de réputation que Brandt, l'usage a prévalu pour appeller cette préparation d'urine, *le Phosphore de Kunckel.*

Comme j'aurai lieu de parler dans la ſuite des différentes eſpéçes de Phoſphore, & de la propriété qu'ils ont de répandre de la lumière dans l'obſcurité, pour le préſent je ne conſidére dans celui-ci que la facilité avec laquelle il prend feu, quand ont le frotte ou quand on l'écraſe.

Cette grande inflammabilité lui vient ſans doute, de la nature & de l'état actuel des parties; & quoique ce ſoit toujours un ſecret très-difficile à pénétrer, que la connoiſſance des corps approfondie juſques dans leurs parties conſtituantes, on peut cependant former ici des ſoupçons légitimes, & ſe faire des notions aſſez vraiſemblables, en conſidérant d'une part ce qui ſe paſſe quand on fait le Phoſphore d'urine, & d'une autre part ce qui ſe préſente quand on le décompoſe.

1°. On fait évaporer l'urine dans une chaudiére de fer qu'on tient ſur le feu; & l'on pouſſe l'évaporation juſqu'à ce que tout ſoit réduit en une matiére grumeleuſe, dure, noire, à peu près ſemblable à de la ſuye de cheminée. Par cette premiére prépa-

ration, la plus grande partie de l'humide & du volatil eſt enlevée.

2°. On fait calciner cette matiére dans une marmite de fer que l'on fait chauffer juſqu'à rougir, & l'on continue juſqu'à ce que toute la matiére calcinée & pulvériſée ne fume plus; cette ſeconde préparation fait évaporer le reſte du ſel volatil & l'huile fœtide.

3°. Sur ſix à ſept livres de cette matiére calcinée on jette ſept à huit pintes d'eau commune : on agite le tout pendant quelque tems; on incline enſuite le vaiſſeau pour jetter l'eau, & l'on fait ſécher la matiére leſſivée qui reſte au fond. Par cette troiſiéme opération on enléve une grande partie du ſel fixe, & il n'en reſte que ce qui eſt néceſſaire pour le ſuccès.

4°. Avec trois livres de cette matiére calcinée, leſſivée & deſſéchée, on mêle une livre & demie de gros ſable ou de grès jaunâtre, & quatre à cinq onces de charbon de hêtre pilé. L'on humecte le tout avec une demi-livre d'eau commune pour en faire une pâte que l'on a ſoin de bien manier, afin que le mêlange ſoit plus

parfait.

parfait. Le ſable & le charbon qu'on y fait entrer ſervent à raréfier la préparation d'urine, & donnent lieu au feu de l'attaquer en toutes ſes parties.

5°. Enfin, l'on met cette pâte dans une cornue, & la cornue dans un fourneau de réverbère, où l'on entretient pendant vingt-quatre heures un feu qui commence par les premiers degrés pour ménager les vaiſſeaux, mais qui eſt pouſſé enſuite auſſi loin que celui d'un four de verrerie. Voilà en gros ce qui ſe paſſe dans la préparation du Phoſphore d'urine. (*a*)

(*a*) Ce n'eſt point ici une inſtruction d'après laquelle on puiſſe entreprendre de faire le Phoſphore : ce n'eſt qu'un précis des principales opérations, relatif à l'explication de notre expérience. On doit s'inſtruire des détails par la lecture du Mémoire de M. Hellot, que j'ai déja indiqué. Par la même raiſon * que je ſupprime les deſcriptions circonſtanciées qui ſeroient néceſſaires pour conſtruire les machines & les inſtrumens que je fais ſervir aux expériences rapportées dans cet Ouvrage, je m'abſtiens auſſi d'y faire entrer les procédés qu'on doit ſuivre pour préparer certaines matiéres dont je fais uſage ; en attendant que je mette au jour l'Ouvrage dans lequel je compte

* *Préface* p. xxxi.

Quant à ſa décompoſition, voici ce qui arrive : le Phoſphore ſe diſſout quand on l'expoſe à l'air, & il reſte dans le vaiſſeau une liqueur très-acide, qui eſt un véritable eſprit de ſel, puiſque le *deliquium* ne fait point de précipité avec l'huile de chaux, & qu'il précipite la diſſolution d'argent en *Lune cornée.*

Il paroît donc que dans la préparation du Phoſphore d'urine l'acide du ſel commun s'unit à une matiére graſſe, dans laquelle il eſt fortement concentré ; & l'on ne peut douter que ces matiéres extrêmement diviſées, & longuement travaillées par le feu le plus violent, ne retiennent entre elles une quantité prodigieuſe de particules ignées, qui n'attendent que la plus légére cauſe pour rompre & diſſoudre ce qui les retient, pour faire une inflammation.

Ainſi le frottement d'un manche de couteau, un corps dur qui broye, ſont des moyens plus que ſuffiſans pour enflammer d'un feu très-vif le

raſſembler toutes ces inſtructions, je me contenterai d'indiquer dans celui-ci les différens Auteurs, dont la lecture pourra y ſupléer.

petit grain de Phoſphore renfermé entre les deux morceaux de papier. Mais comme le feu anime des parties extrêmement ſubtiles & pénétrantes, il convient que le papier ſoit un peu épais, afin d'arrêter, pour ainſi dire, ſon action, & d'empêcher qu'elle ne ſe diſſipe trop vîte.

Lorſqu'on allume ainſi du Phoſphore, s'il arrivoit qu'il s'en attachât aux doigts, on ſouffriroit une brûlure très-douloureuſe, & qui augmenteroit d'autant plus qu'on feroit effort pour emporter cette matiére en l'eſſuyant avec un linge ou autrement: car plus elle ſeroit frottée plus elle deviendroit ardente, & comme elle eſt extrêmement active & pénétrante, en très-peu de tems elle peut faire un progrès conſidérable. Le reméde le plus efficace, & même le ſeul que l'on connoiſſe juſqu'à préſent pour arrêter cette brûlure, & calmer la douleur qu'elle cauſe, c'eſt de tremper promptement la partie offenſée dans de l'urine; cette liqueur porte apparemment ſur la playe quelque ſubſtance propre à ſe ſaiſir des parties du Phoſphore que l'inflammation anime,

ou peut-être à les embarraſſer de maniére qu'elles perdent leur activité.

On fait encore avec ce même Phoſphore pluſieurs autres expériences curieuſes, mais qui ont plus de rapport à la lumiére qu'au feu, & que je renvoye pour cette raiſon au volume ſuivant.

APPLICATIONS.

On peut regarder les quatre expériences que je viens de rapporter, comme des exemples tirés exprès des trois régnes qui comprennent toutes les ſubſtances terreſtres, pour prouver que l'inflammation, & à plus forte raiſon une grande chaleur peut naître par le frottement, ou par un choc réitéré, dans toutes ſortes de corps: la premiére & la ſeconde mettent cette vérité en évidence par rapport aux minéraux; la troiſiéme fait voir la même choſe à l'égard des végétaux; & par la quatriéme on apprend que les matiéres animales peuvent avoir le même ſort, ſur-tout quand elles ont reçû certaines préparations; & l'on peut partir de ce principe, qui eſt un fait, pour rendre raiſon d'une

infinité de phénoménes qui s'offrent continuellement à nous.

Pourquoi, par exemple, les pointes d'un tour s'échauffent-elles si promptement, quand on néglige d'y mettre de l'huile? Pourquoi les pivots des grandes machines, les essieux des roues de carrosses, &c. mettent-ils le feu aux bois dans lesquels ils roulent, lorsqu'on oublie de les graisser? C'est qu'en général le fer & l'acier deviennent ardens, lorsqu'ils sont fortement frottés; & dans les cas dont il est ici question, le frottement est toujours très-considérable à cause de la grande pression des surfaces; ce frottement diminue beaucoup, & n'a pas non plus les mêmes effets, quand on met quelque matiére grasse ou quelque fluide entre les parties frottantes, par des raisons que j'ai rapportées ailleurs. *

* Tom. 1. pag. 247.

Les coups multipliés échauffent aussi le métal très-considérablement, j'ai pris plaisir quelquefois à voir rougir des petites verges d'acier médiocrément chauffées, qu'un forgeron expérimenté battoit promptement avec un moyen marteau sur une enclume. Tout métal s'échauffe sous le marteau; l'Or-

févre qui forge à froid l'or & l'argent, l'Horloger qui plane du cuivre pour faire une platine de pendule, sont obligés de laisser refroidir les piéces qu'ils ont battues, pour les manier; & il en est de même du plomb & de l'étain.

Mais ce qu'il faut remarquer c'est que les métaux les plus durs, ceux dont les parties ont le plus de ressort, sont aussi les plus prompts à s'échauffer par les coups de marteaux, & aussi les plus susceptibles d'un grand degré de chaleur; le même nombre de coups, par exemple, ne rend point le plomb aussi chaud que l'acier; car ce dernier métal peut être battu jusqu'à rougir, comme on vient de le voir; & si l'autre pouvoit acquérir autant de chaleur, il se fondroit, ce qu'on ne voit jamais lui arriver sous le marteau.

Le Vitrier façonne le plomb qu'il met aux vîtres, en le faisant passer en lingot ou en verges quarrées par une espéce de moulin qui le presse considérablement, & qui le fait s'allonger en lui donnant la forme. L'Orfévre prépare les moulûres dont il orne les bords de la vaisselle, en tirant à la

filiére des bandes de métal applaties. Dans ces différentes opérations le mêtal s'échauffe tellemeut qu'on ne peut pas le toucher ſans ſe brûler ; & cela vient de la forte preſſion qu'il éprouve ſous les rouleaux, ou entre les jumelles de l'inſtrument qui le façonne.

Le ciſeau dont on ſe ſert pour couper le fer à froid, ou même quelque autre métal dur, devient ſi chaud qu'on eſt obligé de le mouiller de tems en tems avec de l'eau, de crainte qu'il ne perde ſa trempe; cette chaleur lui vient d'avoir été fortement preſſé entre les deux parties qu'il diviſe, ce qui eſt équivalent à des coups de marteaux qu'il recevroit de part & d'autre, ſur l'extrémité de ſes faces, près du tranchant. C'eſt encore par la même raiſon que tous les outils dont on ſe ſert pour tourner ou pour percer les métaux à froid, brûlent les doigts de celui qui les touche imprudemment.

L'acier ou le fer aigri par quelque mêlange n'eſt pas le ſeul métal que le frottement ou la percuſſion échauffe juſqu'à le faire devenir ardent, ou étinceler ; les fers des chevaux, les bandes des roues de voitures font ſouvent du

feu en glissant sur le pavé de grès; & si l'on ne voit pas la même chose arriver, quand on heurte un morceau de fer doux contre une pierre à fusil, c'est que le frottement n'est ni aussi rude, ni aussi continu que dans la glissade dont nous parlons; & que la particule de fer détachée par le tranchant du caillou est apparemment trop grosse, pour être embrasée par le degré de chaleur que ce choc est capable d'exciter. Un moindre frottement du fer contre le pavé se feroit aussi sans feu; un paysan qui a des cloux sous ses souliers ne nous fait pas voir fréquemment des étincelles, comme le cheval en marchant, quoiqu'il glisse comme lui. Ce qui n'arrive pas pour l'ordinaire, peut arriver pourtant; & c'est agir très-sagement que d'exclurre, comme on fait, des moulins & des magasins à poudre, tout ce qui peut occasionner les frottemens du fer même le plus doux, contre le grès, le caillou, le sable, &c.

S'il n'y a que le frottement ou le choc des corps durs qui puisse échauffer le métal jusqu'à l'embraser; heurté, ou frotté par d'autres corps d'une moindre consistance, il ne laisse pas

que

que de recevoir un degré de chaleur assez considérable; le Polisseur en fait prendre sensiblement à l'acier, à l'or, à l'argent, &c. avec le bois, le feûtre, ou le morceau d'étoffe dont il se sert pour frotter sa piéce. Mais nous ne voyons pas que les fluides fassent la même chose: qu'on expose une barre de fer au courant d'eau le plus rapide, au bout d'une heure, d'une journée même, elle n'en paroîtra pas plus chaude: & l'on se sent naturellement porté à croire que tous les fluides auroient le même effet.

Cependant un Sçavant du premier ordre * s'est mis en devoir d'expliquer pourquoi un boulet de canon devient chaud en traversant l'air: il attribue cet effet au frottement que le métal éprouve de la part de l'Atmosphére dans laquelle il se meut, non-seulement avec une vîtesse de 600. pieds par seconde en avant, mais encore en tournant avec une certaine rapidité sur quelqu'un de ses diamétres.

* *Boerhaave, Elem. Chem. pag. 100.*

On doit être content de cette explication, si le fait est certain; c'est-à-dire, si le boulet s'échauffe véritablement en traversant l'air. Je dis si le

fait eſt certain, parce qu'on le ſuppoſe, ſans dire qu'on l'ait vérifié; & j'ai de fortes raiſons pour croire qu'un boulet, s'il eſt chaud, quand on le ramaſſe, tient ſa chaleur de toute autre cauſe que du frottement de l'air.

1°. Quand un boulet s'élance par l'impulſion de la poudre, il heurte, il traîne, il roule contre les parois du canon; toutes ces ſecouſſes doivent l'échauffer : & quand on compteroit pour rien l'action de la poudre enflammée, à cauſe du peu de tems qu'elle a pour communiquer ſa chaleur, on doit compter ſur celle de la piéce, à moins que ce ne ſoit le premier coup qu'elle tire, ou que le boulet, par un ſervice extrêmement prompt, n'ait pas eu le loiſir de s'y échauffer; ce qu'on ne doit ſuppoſer que dans le cas d'une expérience faite à deſſein.

2°. Lorſque le boulet tombe, avant qu'on le puiſſe ramaſſer, il a heurté violemment contre des obſtacles durs, ou il a bondi pluſieurs fois ſur la terre; & par-tout où il touche, il ſouffre un frottement très-violent, à cauſe du mouvement de rotation qu'on peut légitimement lui ſuppoſer,

Ainſi je vois clairement que le boulet a pû s'échauffer dans la piéce même d'où il eſt ſorti, ou dans ſa chûte ; & à moins qu'on ne me diſe qu'on a fait une expérience exprès, & que l'on a pris toutes les meſures néceſſaires pour n'avoir rien à attribuer aux cauſes que je viens de citer, je ne puis me réſoudre à croire qu'un boulet de canon s'échauffe ſenſiblement en deux ou trois ſecondes de tems, par le ſeul frottement de l'air.

Si le fait étoit dûment conſtaté, il faudroit bien le croire ; on conviendra cependant qu'il nous offriroit d'étranges conſéquences : arrêtons-nous ſeulement à celle qui ſe préſente la premiére. Le frottement qu'un boulet de canon éprouve dans l'air en le traverſant, peut être regardé comme celui d'un vent très-rapide, auquel on l'expoſeroit ; car c'eſt la même choſe quant aux effets, qu'un corps ſe déplace continuellement pour frapper l'air, ou que l'air par un mouvement continu vienne frapper ce corps. Or eſt-il quelqu'un qui voulût, ſur l'avis qu'on lui en donneroit, aller s'expoſer au plus grand vent, dans le deſſein

d'y éprouver un frottement qui l'échauffât : mais ne forçons rien ; supposons même que l'on en fasse l'épreuve avec un morceau de métal aussi froid par lui-même que l'air agité auquel on l'expose ; croit-on que cet air en glissant sur lui avec la plus grande rapidité, dût lui faire prendre quelque chaleur ?

Peut-être bien, me dira-t-on, si cette rapidité est égale à la vîtesse d'un boulet de canon, qui surpasse au moins vingt-six fois celle du vent le plus impétueux : mais il ne devroit donc y avoir de différence que du plus au moins ; & si le boulet de canon avec la vîtesse qu'il a, acquiert dans l'air qui le frotte une chaleur très-sensible en deux ou trois secondes, il semble qu'avec plus de tems, & une moindre vîtesse ce même boulet exposé au grand vent, devroit devenir assez chaud, pour qu'on s'en apperçût. On sçait de reste combien cette conséquence s'accorde peu avec l'expérience la plus commune : personne ne s'est jamais brûlé les doigts pour avoir touché une grille de jardin, qui eût souffert le vent de Nord le plus impétueux pendant vingt-qua-

tre heures, quoiqu'elle fût de fer comme le boulet.

Quelques Auteurs ont dit que le feu prenoit de tems en tems aux forêts, par le frottement des branches d'arbres que le vent agite, & qui peut encore être aidé par certaines circonstances. Si l'on peut douter du fait, parce qu'il est difficile de s'en assûrer d'une maniére bien certaine, & que l'on peut presque toujours soupçonner que ces sortes d'accidens sont des effets de la malice ou de l'imprudence humaine ; on peut au moins convenir de sa possibilité, puisqu'il est constant que tous les végétaux contiennent du feu, & qu'une grande partie de leur substance est inflammable. Il n'y a pas jusqu'aux graines & aux fruits qui ne s'échauffent considérablement, quand on les écrase, qu'on les pile, ou qu'on les broye ; c'est de quoi l'on peut aisément se convaincre, en maniant la navette, le chenevi, les noix, &c. quand on les prépare sous le pilon pour en tirer l'huile ; ou bien en portant la main dans la farine du froment & des autres grains, lorsqu'elle sort d'entre les meules. Tous ces ef-

fets viennent viſiblement ou des coups multipliés, ou d'un grand frottement; & à l'égard des farines, le degré de chaleur qu'elles acquierent, va quelquefois juſqu'à les brûler, ſoit que les meules tournent avec trop de vîteſſe, ſoit qu'elles n'ayent pas aſſez de jeu entre elles : de l'une ou de l'autre maniére le mouvement trop rapide ou trop fort pour déſunir ſeulement les parties propres du grain, ſe communique au feu même qu'elles renferment, ce qui cauſe une eſpéce d'embraſement.

Les matiéres animales étant capables comme les autres de s'échauffer ſous le marteau ou par un frottement rude & de quelque durée, on doit regarder comme des effets fort ordinaires, que la peau d'un tambour reçoive une chaleur ſenſible par les coups redoublés des baguettes; que le cuir fort s'échauffe ſous la maſſe du Cordonnier qui le prépare pour faire des ſemelles; que le foret d'un ouvrier qui perce un morceau d'os, d'yvoire, de corne de cerf ou d'écaille, le faſſe fumer, s'il fait agir cet outil avec une certaine vîteſſe.

La chaleur qu'on ſent aux mains,

quand on les a frottées l'une ſur l'autre, celle que cherchent à ſe procurer les ouvriers qui travaillent en plein air dans une ſaiſon froide, en ſe battant le corps avec les bras, ſont moins des effets qui ayent beſoin d'explication, que des exemples familiers, & des preuves très-convaincantes du principe ſur lequel nous portons maintenant nos réflexions.

Quand on s'agite, ou que l'on marche long-tems ou avec beaucoup de vîteſſe, les parties ſolides du corps ont des mouvemens reſpectifs, qui les font gliſſer les unes ſur les autres, & ſe frotter réciproquement ; de-là naît ce ſentiment de chaleur qui excéde celui de l'état naturel, & qui eſt accompagné ou ſuivi d'une ſorte de douleur qu'on nomme *laſſitude*.

Enfin ſi quelqu'un par néceſſité, ou par imprudence, s'eſt jamais laiſſé gliſſer de haut en bas, le long d'une corde qu'il tenoit ſerrée entre ſes mains, il a dû éprouver un frottement capable de lui brûler la peau, & d'y faire venir des cloches, comme il arrive toutes les fois que l'on touche un corps trop chaud; la corde en cette oc-

casion n'eſt pas plus chaude que la lime ſous laquelle un morceau de fer devient brûlant : mais comme elle, par les aſpérités ſucceſſives de ſa ſurface, elle agite pendant un certain tems les mêmes parties de la main qui lui ſont fortement appliquées, & le feu que ces parties animales renferment, irrité par ce mouvement, éclate & dérange leur organiſation.

Ce qui arrive à des corps ſolides d'une grandeur ſenſible, qui ſe heurtent, ou qui ſe frottent, arrive pareillement à de plus petites maſſes qui s'entrechoquent ; à deux liquides, par exemple, dont les volumes ſe pénétrent, & dont les parties ſe mêlent précipitamment, & exercent les unes ſur les autres des frottemens réciproques : la chaleur & l'inflammation en ſont ſouvent les ſuites, & ces effets ſont d'autant plus merveilleux que la cauſe échape à nos ſens, & ne s'apperçoit que par la réflexion.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

AYEZ dans le même lieu & dans

deux vaſes ſéparés qui ſoient de verre mince & de même forme, (*a*) trois onces d'eau commune bien claire & bien pure, & pareille quantité de bon eſprit-de-vin : plongez dans chacune de ces liqueurs & pendant un tems ſuffiſant, un petit thermométre, (*b*) pour vous aſſûrer qu'elles ont une température égale entre elles, & ſemblable à celle du lieu où vous opérez ; verſez enſuite les trois onces d'eau ſur l'eſprit-de-vin un peu bruſquement, afin que les deux liqueurs ſe mêlent bien enſemble.

EFFETS.

VOUS verrez d'abord que ce mélange, quoique fait de deux liqueurs très-limpides, devient louche & com-

(*a*) La forme cylindrique eſt la meilleure ; ces eſpéces de bocaux dont les Droguiſtes ſe ſervent *A fig.* 5. conviennent le mieux, & ſont très-faciles à trouver.

(*b*) Ces petits thermométres propres à plonger dans les liqueurs, ſont fixés ſur une petite planche graduée, fort légère, qui ne deſcend pas juſqu'à la boule ; où cette planche eſt briſée en deux parties par une charniére pratiquée au milieu de ſa longueur, deſorte que la partie d'en-bas ſe repliant ſur l'autre, laiſſe la boule du thermométre, & une partie du tube iſolées. *Voyez la Fig.* 5. *à la lettre B.*

me laiteux, tirant ſur la couleur de Giraſol, & qu'il s'en éléve une infinité de petites bulles d'air, qui vont créver à la ſurface.

Le thermométre plongé, que je ſuppoſe gradué ſelon les principes de M. de Reaumur, vous fera voir en même-tems que la chaleur eſt augmentée de 5 ou 6 degrés, ſi la température du lieu eſt moyenne, & que la boule du thermométre plongé n'excéde point la groſſeur d'une ceriſe.

Indépendamment de ces deux derniéres conditions, ſi vous faites pluſieurs épreuves de cette eſpéce, vous obſerverez que le mêlange s'échauffe d'autant plus que l'eſprit-de-vin eſt plus pur, plus rectifié; car on voit par les expériences de M. Boerhaave * que celui qu'il nomme *alchool*, & qui eſt le plus déflegmé, ayant été mêlé à poids égaux avec de l'eau de pluie diſtillée, a produit un degré de chaleur beaucoup plus grand qu'un eſprit-de-vin commun employé à pareilles doſes avec la même eau; la différence a été comme de 9 à 4. c'eſt-à-dire, de plus de moitié.

* *Elem. Chemiæ, Tom. 1. pag. 197.*

Les proportions que l'on met entre

les deux quantités de liqueurs, contribuent encore au plus ou moins de chaleur que l'on apperçoit dans le mêlange ; M. Geoffroy nous a appris il y a déja long-tems * que le plus grand degré de chaleur naît de parties égales d'esprit-de-vin & d'eau mêlées ensemble : cependant par une suite d'expériences que j'ai faites autrefois sous la direction de M. de Reaumur, mais dans des vûes différentes, j'ai remarqué assez constamment que l'effet dont il est question venoit plus sûrement de deux parties d'eau mêlées avec une partie d'esprit-de-vin; encore faut-il observer que j'ai mesuré mes quantités par le volume, & que M. Geoffroy a mesuré les siennes par le poids ; ce qui fait encore différer davantage nos résultats, car comme l'eau est spécifiquement plus pésante que l'esprit-de-vin, si ces deux liqueurs mêlées à poids égaux recevoient le plus grand degré de chaleur qui peut résulter de leur mêlange, il s'ensuivroit, que pour avoir cet effet, non-seulement il ne faudroit pas que le volume de l'eau fût à celui d'esprit-de-vin dans la proportion de deux à un, comme je l'ai trouvé, mais qu'il

* *Mém. de l'Acad. des Sc. 1713. p. 54.*

devroit être dans un rapport au-dessous même de l'égalité.

Cette différence vient probablement de ce que M. Geoffroy & moi avons fait nos expériences dans des températures assez éloignées l'une de l'autre : (*a*) & de ce que son thermométre plus gros (*b*) que le mien étoit plus difficile à s'échauffer, & par conséquent plus tardif à marquer le degré de chaleur précis du mêlange dans lequel il étoit plongé.

EXPLICATIONS.

NOUS pouvons considérer l'esprit-de-vin comme un fluide composé de petites masses raréfiées, spongieuses, pour ainsi dire, & capables de se diviser, de se dissoudre, & de s'étendre dans une liqueur propre à les péné-

(*a*) M. Geoffroy a fait ses épreuves dans un lieu où il commençoit à geler ; & il a mêlé ses liqueurs, lorsqu'elles avoient presque le froid de la glace. *Voyez le Mémoire cité.* J'ai fait les miennes dans un lieu où il faisoit une chaleur moyenne comme de douze ou quinze degrés.

(*b*) C'étoit un thermométre fait selon la méthode de M. Amontons ; il subsiste encore, & la boule est grosse comme un petit œuf de poule.

trer. Cette idée quadre aſſez bien avec la légereté que nous remarquons dans cette liqueur, & avec quelques faits dignes de remarque, dont je ferai bientôt mention. D'un autre coté nous pouvons regarder l'eau comme un autre fluide, dont les parties plus propres à ſe dégager les unes des autres, s'inſinuent aiſément dans tous les pores qu'elles trouvent aſſez ouverts, ou d'une figure analogue à celle qu'elles ont elles-mêmes. La denſité de l'eau que nous ſçavons être plus grande que celle de l'eſprit-de-vin, ne combat point cette ſuppoſition : une matiére, pour être plus denſe qu'une autre, n'a qu'à avoir ſes parties plus ſerrées, plus près les unes des autres, rangées dans un plus petit eſpace ; tout cela ſe fait d'autant mieux que ces parties ſont plus fines, plus ſubtiles, & avec une petiteſſe exceſſive rien n'empêche qu'elles ne ſoient très-libres entre elles, qu'elles ne ſoient pas pelotonnées, & par petits flocons, comme nous ſuppoſons celle de l'eſprit-de-vin. Car je penſe que les parties de l'eau ſont plus petites, d'une figure plus pénétrante, & plus libres entre elles, que celles de

l'eſprit-de-vin ; & ſi j'avois à ſoutenir cette vraiſemblance par des faits, je ferois obſerver dans un détail qui ſeroit long, mais fort aiſé, que la premiere de ces deux liqueurs pénétre ou diſſout un plus grand nombre de différentes matiéres que la ſeconde.

Quand ces deux liqueurs, (l'eau & l'eſprit-de-vin,) ſe trouvent donc dans un même vaiſſeau, je conçois premiérement que les parties de l'une aidées de leur propre poids & du mouvement qu'on leur a donné en les verſant bruſquement, diviſent en une infinité d'endroits la maſſe de l'autre ; & que réciproquement les parties de celles-çi en vertu de leur grande mobilité, ſe ſéparent les unes des autres, pour faire place à celles qui les déſuniſſent, & ſe loger elles-mêmes entre ces petits corps. Juſques ici ce n'eſt qu'un ſimple mêlange, qui laiſſe ſubſiſter les unes & les autres parties dans leur entier.

Je conçois en ſecond lieu que les parties de l'eau très-pénétrantes de leur nature, ſe trouvant à portée d'entamer les molécules poreuſes de l'eſprit-de-vin, peuvent y entrer comme

autant de petits coins, comprimer de part & d'autre les parois qui résistent à leur effort, & enfin rompre & diviser en mille maniéres toutes ces petites masses.

(*a*) Ce mouvement intestin, cette division de parties, est ce qu'on appelle *fermentation*, ou *effervescence*. Il y en a des exemples sans nombre : & cet

(*a*) M. Homberg considérant ces mouvemens intestins qui naissent dans différens mélanges naturels ou artificiels, les distingue & leur donne différens noms. Il appelle *fermentation*, le mouvement qui se fait sentir dans un mixte, lorsque les parties sulphureuses se séparent des parties salines, ou lorsque ces mêmes parties s'unissent pour former un mixte. Il appelle *effervescence* le mouvement des parties de deux substances dont l'une pénétre l'autre : ce qui arrive non-seulement, lorsqu'on mêle ensemble des acides avec des alkalis, (ce qui est pourtant le cas le plus ordinaire,) mais aussi dans bien d'autres occasions, comme dans notre expérience, par exemple. Enfin il appelle *ébullition* le mouvement de deux matiéres qui se pénétrent, & d'où il s'éléve un grand nombre de bulles d'air : ce qui se peut faire sans chaleur, ou avec refroidissement. Pour nous, comme il ne s'agit point ici d'un Traité de Chymie, nous appellerons ces mouvemens intestins, accompagnés de chaleur ou d'inflammation, du nom commun & générique de *fermentation*.

effet eſt preſque toujours accompagné d'une chaleur ſenſible, que l'on attribue avec toute ſorte de vraiſemblance, au frottement & à la preſſion qu'exercent les parties du diſſolvant dans les pores de celles qui les reçoivent: car toutes ces particules regardées en elles-mêmes, quoique d'une petiteſſe preſque infinie, ſont pourtant des corps ſolides, dans leſquels il y a des portions de feu cachées; & nous avons vû précédemment que de tels corps qui ſe frottent ou qui s'entrechoquent, peuvent s'échauffer juſqu'à brûler. Quand bien même le diſſolvant ne feroit qu'ouvrir les matiéres qui contiennent le feu, & qui, par leur adhérence réciproque, s'oppoſent à ſon expanſion, cet élément mis en liberté ne doit-il pas faire ſentir ſon action?

Les Phyſiciens ſont aſſez d'accord entre eux ſur la cauſe prochaine de la fermentation, & ſur celle de la chaleur qui l'accompagne communément. Tous conviennent que de deux matiéres qui fermentent enſemble, l'une pénétre l'autre, & que le mêlange s'échauffe, parceque les parties s'entrechoquent, & ſe frottent en ſe pénétrant.

trant. Mais ils ne s'accordent pas de même ſur la cauſe de cette pénétration : il faut cependant qu'il y en ait une ; car quand on ſe repréſenteroit les parties pointues du diſſolvant en préſence & directement vis-à-vis des petites maſſes poreuſes de la matiére diſſoluble, comme des chevilles au bord de leurs troux, encore faut-il une puiſſance qui les y chaſſe, & qui anime leur effort.

Ceux qui reçoivent & défendent l'attraction comme une cauſe phyſique, expliquent tout à leur aiſe ces mouvemens inteſtins des matiéres qui fermentent. Il y a, diſent-ils, une attraction réciproque entre le corps diſſolvant & celui qui eſt diſſoluble ; entre *l'acide* & *l'alkali*; (a) dès que l'un & l'autre ſont à portée de ſe joindre, cette vertu qui réſide en eux, tend à les unir de la maniére la plus complete, par

(a) Les mots d'*Acide* & d'*Alkali* ſont conſacrés pour déſigner des matiéres ſalines, du mèlange deſquelles réſultent preſque toutes les fermentations ; cela n'empêche pas qu'il n'y ait d'autres matiéres qui fermentent enſemble ; & alors il y en a une qui fait fonction d'acide, & l'autre d'alkali. *Mém. de l'Acad. des Sc.* 1701. p. 97.

le contact immédiat de leurs moindres parties, ce qui ne peut se faire que par la division des molécules.

Il faut convenir que cela ne va point mal au premier coup d'œil, & que la plûpart des difficultés qui se présentent après, tombent également sur les autres opinions. Mais quand cela iroit encore mieux, l'esprit n'est point satisfait de cette explication, lorsqu'il vient à sentir qu'elle est fondée sur un principe que bien des gens supposent par goût ou autrement, mais dont personne n'a jamais donné des preuves, qu'on ne puisse légitimement contester.

Un homme littéralement attaché à la doctrine de Descartes, vous dira que le monde est rempli d'une matiére subtile qui se meut en toutes sortes de sens, & qui pénétre ainsi les corps les plus compacts; que dans le cas de la fermentation ce sont les impulsions redoublées de ce fluide par excellence, qui font entrer les pointes des acides dans les pores des alkalis.

Cette explication au moins nous offre un méchanisme intelligible, elle n'exige pas que l'esprit se prête gratui-

tement à des notions nouvelles auſquelles il n'eſt conduit par aucun exemple; mais elle ſuppoſe des faits qui, ſelon moi, ne ſont point aſſez prouvés.

J'admettrois volontiers l'exiſtence d'une matiére extrêmement ſubtile, préſente par-tout & pénétrant avec la derniére facilité les corps les plus compacts; ſans m'embarraſſer de ſçavoir quel rang a tenu cette matiére parmi les élémens de l'univers; on eſt bien forcé d'en admettre une ſemblable pour expliquer avec quelque vraiſemblance les phénoménes du feu, & ceux de la lumiére: mais j'ai peine à croire que cette matiére, ſi elle exiſte, ſoit continuellement agitée en toutes ſortes de directions; & que ſes différens mouvemens (qui ſont progreſſifs) ne ſoient point altérés par tous les chocs qu'elle doit avoir à ſouffrir. Je demanderois encore comment au milieu de toutes ces impulſions qui ſe feroient ſouvent en ſens contraires, les pointes des acides frappées en même tems par les deux bouts, ſeroient chaſſées dans les pores de l'alkali; car un clou n'avance ni ne recule entre deux

coups de marteaux d'égale force.

Avouons de bonne foi notre ignorance en attendant les lumiéres qui nous manquent ; ou ſi nous nous permettons des conjectures, tâchons au moins de les appuyer ſur des faits bien avérés qui les rendent vraiſemblables; bornons l'étendue de nos connoiſſances, ſi cela eſt néceſſaire pour les rendre plus certaines.

Ne pourroit-on pas dire, par exemple, que le diſſolvant eſt porté dans les molécules poreuſes du corps diſſoluble par cette même puiſſance qui fait entrer les liqueurs dans tout ce qui eſt ſpongieux, ou percé d'une infinité de petits canaux capillaires ? On ſçait que certaines conditions rendent cet effet plus prompt ou plus complet, & qu'en général ces canaux ſe rempliſſent avec d'autant plus d'activité qu'ils ſont plus étroits : les pores des parties alkalines ou diſſolubles ne feroient-ils pas à l'égard du diſſolvant en telle proportion, que cette imbibition s'y fît avec encore plus de violence que nous n'en remarquons, lorſqu'il s'agit de tuyaux capillaires d'une grandeur ſenſible ? & la rapidité

de ces mouvemens multipliés à l'infini dans un petit corps extrêmement poreux, ne pourroit-elle pas aller jusqu'à faire rompre les parois, & occasionner une dissolution totale?

Si l'on me demande après cela quel est ce pouvoir secret qui fait entrer les liqueurs dans les corps spongieux, ou, ce qui est la même chose, dans les tubes capillaires, j'avouerai ingénûment que j'en ignore la cause: mais un fait que personne ne conteste, ne peut-il pas servir à en expliquer d'autres qui sont plus obscurs?

Pour revenir à notre mêlange d'esprit-de-vin & d'eau, je le regarderai donc comme une dissolution qui se fait d'une liqueur par l'autre, comme une véritable fermentation; & le degré de chaleur que j'y apperçois comme une suite nécessaire du choc & du frottement des parties, ou de l'action du feu qui a été mis en liberté par la désunion de ces mêmes parties qui le tenoient renfermé entre elles.

Les bulles d'air qui paroissent dans ce mêlange, & qui en troublent la transparence, sont celles qui étoient logées dans les pores de chaque li-

queur, & qui déplacées par la pénétration mutuelle des deux masses, dilatées ensuite par le nouveau degré de chaleur qui en résulte, s'élévent à la surface en vertu de leur légereté respective.

Si l'esprit-de-vin déflegmé donne plus de chaleur que celui qui ne l'est pas, c'est qu'étant moins pénétré d'eau, il en est d'autant plus propre à l'admettre dans ses pores : & comme c'est de cette imbibition plus ou moins complete, plus ou moins prompte, que dépend le degré de fermentation; c'est aussi de cette même cause que la chaleur doit recevoir ses différens degrés.

Le degré de chaleur dépend encore, comme on l'a vû, de la proportion que l'on met entre les quantités des deux liqueurs mêlées, parce qu'avec une trop petite quantité d'eau l'esprit-de-vin ne se dissout pas autant qu'il le pourroit, la fermentation en est moins forte; & si l'on en met trop, l'excès de cette eau est une masse inutile qui ne contribue point à faire naître la chaleur, & qui plus froide que ne seroit le mêlange mieux proportionné, s'en approprie une partie, ainsi

que le thermométre qui eſt plongé.

Dans l'explication que je viens de donner, j'ai ſuppoſé qu'une des deux liqueurs pénétroit l'autre, & en cela je n'ai rien dit que je ne ſois bien en état de prouver, en faiſant voir d'après les expériences de M. de Reaumur,* qu'un compoſé d'eau & d'eſprit-de-vin peſe ſpécifiquement davantage que les deux liqueurs compoſantes avant le mêlange, ce qui ne peut ſe faire ſans que les deux volumes ſe confondent en partie.

* *Mém. de l'Ac. des Sc.* 1733. *pag.* 165.

Ce fait également curieux & concluant pour ce que j'ai à prouver, ſe peut montrer de deux maniéres. 1erement. On a peſé la quantité d'eau qui étoit contenue dans un petit vaſe A, *Fig.* 6. que l'on avoit rempli fort exactement juſqu'au fil *b*. & l'on a trouvé ſon poids de 98 grains. On a vuidé ce vaiſſeau, & on l'a rempli pareillement juſqu'au fil, d'eſprit-de-vin dont le poids s'eſt trouvé de 82 grains $\frac{1}{2}$. Si l'on eût rempli d'eau les deux tiers du petit vaiſſeau, & l'autre tiers avec de l'eſprit-de-vin qui ne ſe fût point mêlé avec l'eau, le poids total des deux liqueurs contenues eût été 65 grains $\frac{1}{3}$ d'eau & 27

grains $\frac{1}{2}$ d'eſprit-de-vin, ce qui eût fait en ſomme 92 grains $\frac{5}{6}$. Mais au lieu de faire ainſi, on a compoſé une liqueur de deux parties d'eau, & d'une partie d'eſprit-de-vin bien mêlées enſemble, & l'on en a rempli le petit vaſe juſqu'au fil comme précédemment : alors le poids de cette quantité de liqueur compoſée s'eſt trouvé de 94 grains; d'où il paroît évidemment que ſa denſité étoit plus grande que celle qui ſembloit devoir réſulter des deux liqueurs compoſantes.

2ement. On a pris une boule creuſe de verre adaptée à un tube bien cylindrique, comme pour faire un gros thermométre, *Fig*. 7. On y a verſé d'abord 200 meſures d'eau, (*a*) & pardeſſus l'on a fait couler très-doucement 100 meſures d'eſprit-de-vin qui a ſurnagé; on a marqué avec un fil, *c*, ſur le tube, l'endroit où ſe terminoit la liqueur, & le vaiſſeau ayant été bien bouché par en-haut, & enſuite agité pour occaſionner le mêlange de l'eau

(*a*) On fait ces petites meſures aſſez commodément avec des chalumeaux de verre renflés, *d*. *Fig*. 7. que l'on ſouffle à la lampe d'Emailleur.

&

& de l'esprit-de-vin : lorsque tout fut reposé & revenu à la température du lieu où se faisoit l'expérience, on a observé que la surface de la liqueur dans le tube se tenoit au-dessous du fil ; & pour remplir ce vuide, il a fallu ajoûter 5 de ces mesures dont le volume d'esprit-de-vin employé contenoit 100. Ce qui fait, comme on voit, $\frac{1}{20}$ de diminution, eû égard au volume de cette liqueur ; les deux liqueurs se sont donc pénétrées en partie, pour former ensemble un volume plus petit que la somme des deux mesurées séparément.

Je n'ai pû me refuser de rapporter ici ce phénoméne, qui n'est pas le seul de son espéce ; j'invite les amateurs de la Physique à s'instruire par la lecture du Mémoire même, des circonstances & de toutes les observations intéressantes auxquelles il a donné occasion ; ce que je ne pourrois faire entrer dans cet Ouvrage, sans sortir des bornes que je m'y suis prescrites.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans un grand verre à boire de la

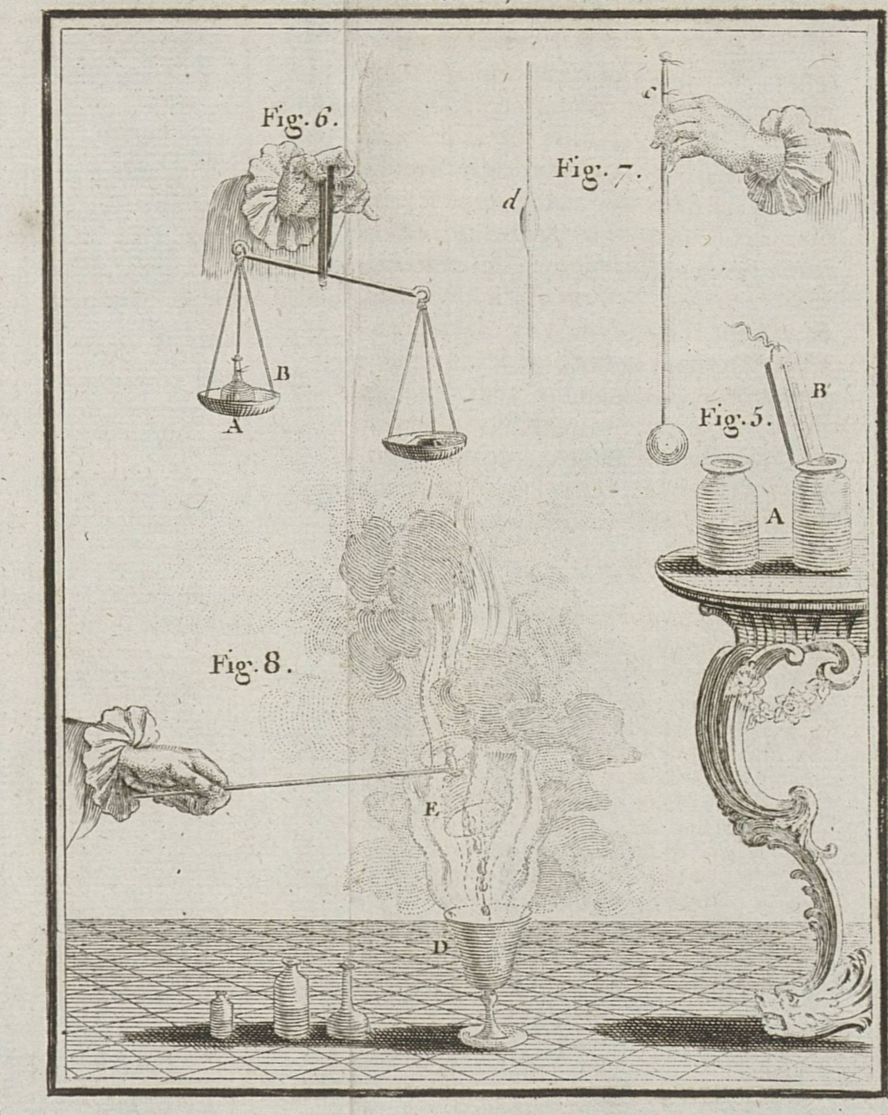
biere, de ceux dont la coupe reſſemble à une cloche renverſée *D*, *Fig.* 8. on met 3 gros d'huile de Térébenthine, (*a*) (la plus nouvelle eſt la meilleure) : & dans une autre verre *E* emmanché d'une baguette qui ait environ 3 pieds de longueur, on mêle enſemble un gros de bon eſprit de nître, & autant d'huile de vitriol concentrée; (*b*)tenant enſuite ce dernier verre par le bout du manche, on verſe en deux ou trois tems, mais à très-peu de diſtance l'un de l'autre, ce qu'il contient, dans le premier où l'on a mis l'huile de Térébenthine.

EFFETS.

Dans le moment même que le mê-

(*a*) Je nomme ici l'huile de Térébenthine comme la plus facile à trouver, & celle qui coûte le moins : on peut également employer l'huile de Gaiac, celles de Girofle, de Citron, de Menthe, de Geniévre, de Fenouil, &c. & même les baumes naturels, celui de Copahu, & le baume blanc de la Méque.

(*b*) Au lieu de ces deux acides mêlés enſemble on peut ſe ſervir d'une eau forte citrine diſtillée à la maniére de M. Hoffman, ou ſelon le procédé de M. Geofroy. *Voyez les Mémoires de l'Académie des Sciences*, *pour l'année* 1726. *page* 95. où vous trouverez un détail très-curieux de ces ſortes d'expériences.


Fig. 6.
B
A
d
c
Fig. 7.
B
Fig. 5.
A
Fig. 8.
E
D

lange se fait, on entend & l'on apperçoit une violente fermentation dans le verre qui contient ces liqueurs; il s'en éléve subitement une fumée fort épaisse, au milieu de laquelle on voit briller ordinairement une flamme qui s'élance jusqu'à la hauteur de 15 ou 18 pouces; & il se répand après dans le lieu où l'on a fait l'expérience, une forte odeur aromatique qui dure longtems, & qui est assez agréable quand elle est affoiblie.

EXPLICATIONS.

Les huiles essentielles des plantes, tant de celles qu'on apporte des Indes, que de celles qui naissent en Europe, sont des liqueurs fort inflammables que les Chymistes regardent avec raison comme une grande quantité de soufre étendu dans un peu de flegme, c'est-à-dire, que la matiére du feu qui s'y trouve, comme par-tout ailleurs, n'y est enveloppée & retenue que par celle de toutes les matiéres, qui en contient davantage, & qui est la plus propre à ne le retenir qu'autant qu'il le faut, pour animer son action. Lorsqu'un acide violent

s'empare de ces huiles, & qu'il les pénétre de toutes parts avec précipitation, toutes les petites portions de feu irritées, pour ainsi dire, par le frottement, & dégagées des liens qui les retenoient avant cette dissolution, se mettent en liberté, éclatent de toutes parts, & dissipent en flamme les parties du mêlange les plus subtiles; & les plus grossiéres s'exhalent en fumée, & en odeur.

Cet effet, tout merveilleux qu'il est, ne différe point essentiellement de celui que nous avons vû dans l'expérience précédente; c'est toujours l'action du feu excitée par la pénétration précipitée d'une liqueur dans l'autre, mais une action excitée jusqu'à l'embrasement. Quoiqu'on pût attendre un tel effet de cette cause bien méditée, ce dut être cependant un spectacle bien singulier & bien surprenant en Chymie, lorsqu'on vit naître une véritable inflammation du mêlange de deux liqueurs froides.

Il y a près d'un siécle que Beccher & Olaus Borrichius, le premier dans sa Physique souterraine, le dernier dans les actes de Copenhague, an-

noncérent ce phénoméne; mais ſoit qu'ils ne ſe fuſſent pas expliqués aſſez clairement, ſoit qu'on s'y prît mal pour les imiter, on travailla longtems d'après ce qu'ils avoient dit, & l'on ſe rebuta preſque avant que de pouvoir répéter leur expérience avec ſuccès. Enfin en 1698. M. de Tournefort parvint à enflammer, non de l'huile de térébenthine, comme avoient fait les Auteurs que je viens de citer, mais l'huile tirée du bois de ſaſſafras par diſtillation, & nous voyons par les Mémoires de l'Académie des Sciences pour l'année 1701. que M. Homberg, tant par ſes propres expériences, que par celles des autres, avoit déjà étendu cette découverte, juſqu'à établir pour régle générale, qu'avec un eſprit acide bien déflegmé on pouvoit enflammer toutes les huiles eſſentielles des plantes aromatiques, pourvû que ces plantes fuſſent des Indes, parce que, diſoit-il, celles de nos climats ne donnent jamais qu'une huile où le ſoufre eſt mêlé avec un acide qui fait manquer l'inflammation. Cette reſtriction fut levée en 1726. par M. Geofroy, qui fit voir par des

preuves de fait, qu'on peut enflammer indifféremment l'huile essentielle des plantes d'Europe, comme on enflamme celle des aromates qui naissent aux Indes, en employant un acide convenable, & ce que cet habile Chymiste montroit en France, M. Hoffman le publioit en Allemagne, comme une découverte qu'il venoit de faire, quoique par un procédé un peu différent.

Il ne restoit donc plus pour généraliser cette nouvelle connoissance, que de trouver un moyen d'enflammer aussi les huiles grasses (*a*) & c'est à quoi M. Rouelle est parvenu après un travail assez long. Tout dépendoit d'un tour de main que le hazard auroit pû faire trouver au plus ignorant, mais que cet habile Chymiste n'a obtenu que par des connoissances réfléchies. On sçait que le nitre ne s'allume point par l'attouchement de la flamme, mais seulement par celui d'un corps embrasé ; cette considération

(*a*) Par huiles grasses ou pésantes on entend ici celles que l'on tire des végétaux par expression, comme l'huile de noix, celles de chenevi, de navette, &c.

fit penser à M. Rouelle que pour enflammer une huile il seroit à propos 1°. qu'elle y fût disposée par un certain degré de chaleur; 2°. que l'esprit de nitre dont il se servoit pour procurer cette inflammation, trouvât un charbon ardent, ou prêt à l'être, par l'attouchement duquel il pût s'enflammer lui-même; au lieu de jetter dans l'huile tout en une fois son acide nitreux, ce qui n'eût produit que de la chaleur, ou du charbon, il le versa en deux ou trois fois, fort près l'une de l'autre: la premiére portion versée, ou la deuxiéme échauffa l'huile, & en mit une partie en charbon, & la derniére portion venant à tomber aussi-tôt, s'alluma par l'attouchement du charbon, & enflamma l'huile qui étoit toute prête à l'être.

On peut donc enflammer l'huile de térébenthine que j'ai employée dans notre expérience, avec l'esprit de nitre seulement; & si j'y mêle l'huile de vitriol concentrée, ce n'est que pour rendre l'effet plus sûr; car comme cette huile se saisit aisément de toute l'humidité, elle achéve de déflegmer l'esprit de nitre, & le rend par-là plus

propre à l'effet auquel on le deſtine.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Mettez dans une poële de fer, ou dans un plat de terre, ſur un réchaud plein de feu, deux onces de miel commun, & quatre onces d'alun de roche, caſſé en petits morceaux; remuez le tout avec une ſpatule ou avec quelque choſe d'équivalent, juſqu'à ce que le mêlange ſoit non-ſeulement fondu, mais épaiſſi en conſiſtance de croute, qu'il faut avoir ſoin de détacher & de briſer en petits grains, afin qu'on le puiſſe deſſécher plus aiſément & plus parfaitement.

Cette premiére préparation étant faite, mettez de ces petits grains bien deſſéchés dans un petit matras, autant qu'il en faudra pour remplir les deux tiers de la boule: placez ce matras légérement bouché avec du papier, dans un creuſet de telle grandeur, qu'il puiſſe tenir environ un doigt de ſable deſſous, & autour de ce matras: entourez le creuſet de

charbons dans un fourneau, & allumez le feu peu à peu pour donner le tems aux vaiſſeaux de s'échauffer ſans ſe rompre, & à la matiére de ſe purger de l'humide, & de tout le volatile qui lui reſte.

Quand vous verrez qu'il ne ſortira plus de fumée par le col du matras, vous augmenterez le feu juſqu'à ce que vous apperceviez toute rouge la matiére qui eſt dans le matras. Entretenez cet état pendant un bon quart d'heure, ou même une demie heure, & alors vous pourrez tirer doucement & peu à peu le creuſet hors du fourneau.

Vous ſouleverez enſuite le matras pour le tirer du ſable en partie, & peu de tems après, encore davantage.

Enfin, ayant ôté le bouchon de papier, vous renverſerez l'embouchure du matras ſur celle d'un petit flacon de verre, & vous les tiendrez joints l'un à l'autre avec la main & un linge replié en deux ou trois, que vous tiendrez ſerré autour, afin que l'air extérieur ne s'y introduiſe point, & que la poudre encore toute embraſée, qui tombe du matras ne s'é-

chape point au dehors. Ce qui étant fait, vous tiendrez le flacon fermé avec un bouchon de verre bien ajuſté pour en faire l'uſage qui ſuit.

EFFETS.

Cette poudre étant refroidie, ſi vous en jettez deux ou trois grains dans la main, ou ſur du papier, un inſtant après qu'elle a pris l'air elle s'échauffe, & chaque grain devient un petit charbon ardent, à la ſuperficie duquel on apperçoit dans l'obſcurité une petite flamme violette.

Cette eſpéce de phoſphore, qu'on pourroit nommer *pyrophore* à plus juſte titre, puiſqu'il brûle encore plus qu'il n'éclaire, ſe conſerve pendant pluſieurs années, ſi l'on a ſoin qu'il ne prenne point l'air, & qu'on ne le tienne point en petite quantité dans un grand vaiſſeau, quoique fermé : mais quand on ouvre ſouvent le flacon qui le contient, ou qu'on n'a pas pris ſoin de tenir le doigt ſur l'orifice, pour ne le laiſſer ouvert qu'autant qu'il le faut, pour en faire échaper quelques grains; peu à peu cette matiére perd de ſon activité, & tout ſon effet

ſe borne à quelque léger degré de chaleur, qui ne va plus juſqu'à l'inflammation.

EXPLICATIONS.

M. Homberg travaillant ſur la matiére fécale & ſur l'alun mêlés enſemble, dans des vûes qui ſont étrangéres à notre ſujet, s'apperçut que la tête morte de ce mêlange diſtillé étant tout-à-fait refroidie, prenoit feu d'elle-même, lorſqu'on donnoit un accès libre à l'air dans la cornue *; voilà l'origine (*a*) du phoſphore ou du pyrophore, dont je viens de décrire la préparation & les effets; ſi je ſubſtitue le miel à la matiére fécale, c'eſt pour m'épargner un travail déſagréable qui n'eſt point néceſſaire; car depuis cette découverte, un peu de réflexion, & l'expérience même ont fait connoître qu'on peut également réuſſir en mêlant avec l'alun toute ma-

* *Mém. de l'Académie des Sciences*, 1711. *pag.* 234.

(*a*) Il paroît pourtant par le Mémoire même de M. Homberg, que je viens de citer, que dans le tems même qu'il faiſoit cette découverte, quelqu'un employoit comme remède une eſpéce de ſel, qui avoit la propriété de s'enflammer à l'air.

tiére capable de donner par la diſtillation une huile fétide ; ainſi la chair, le ſang des animaux, le miel, la farine, &c. tout y eſt bon.

Pour rendre raiſon de l'embraſement ſubit qui naît ici par l'attouchement de l'air libre ; je crois ne pouvoir mieux faire que de rapporter l'explication même qu'en a donné M. Homberg ; elle eſt très-plauſible, & aucun Auteur que je ſçache n'a eſſayé d'en donner une meilleure. « Pour » avoir, dit-il, une idée vraiſemblable » de la maniére dont cette poudre » s'enflamme, il faut ſe ſouvenir qu'elle » eſt une matiére fortement calcinée » par le feu : elle a perdu dans cette » calcination toute la partie aqueuſe » qu'elle contenoit, & la plus grande » partie de ſon huile & de ſon ſel volatil ; elle a acquis par là beaucoup » de grands pores que les matiéres » volatiles chaſſées par le feu ont laiſſé vuides, de ſorte que la poudre » qui reſte après la calcination, ne conſiſte qu'en un tiſſu ſpongieux d'une » matiére terreuſe, qui a retenu tout » ſon ſel fixe & un peu de ſon huile » fétide, mais dont les pores & les

» locules vuides conſervent pendant
» quelque tems une partie de la flamme
» qui les a pénétrés pendant la calci-
» nation, à peu près comme il arrive
» à la chaux vive dans ſa calcina-
» tion.

» Cela étant, nous pouvons conſi-
» dérer que le ſel fixe, qui eſt en gran-
» de quantité dans cette poudre, ab-
» ſorbe promptement, & à ſon ordi-
» naire, l'humidité de l'air qui le tou-
» che; l'introduction ſubite de l'humi-
» dité de l'air dans les pores de la pou-
» dre y produit un frottement capable
» d'exciter un peu de chaleur, laquelle
» étant jointe aux parties de la flamme
» conſervée dans ces mêmes pores,
» compoſe une chaleur aſſez forte
» pour embraſer le peu d'huile, aiſé-
» ment inflammable, qui a échapé à
» la vigueur de la calcination, & qui
» fait partie de la poudre.

» Une preuve de cela, continue
» M. Homberg, eſt que quand on gar-
» de cette poudre en un vaiſſeau qui
» n'eſt pas exactement bouché, elle
» abſorbe peu à peu & lentement l'hu-
» midité de l'air qui la peut atteindre,
» ce qui n'eſt pas capable de faire aſ-

» ſez de frottement pour exciter au-
» cune chaleur ſenſible, & la poudre ſe
» gâte, enſorte qu'elle ne s'enflamme
» plus, de même que la chaux vive
» expoſée pendant quelque tems à
» l'air ne s'échauffe plus, parce qu'elle
» a abſorbé peu à peu une trop pe-
» tite quantité d'humidité à la fois
» pour avoir reçû un frottement ſuffi-
» ſant qui puiſſe exciter de la cha-
» leur.

Quand on reçoit quelques grains de pyrophore dans la main un peu humide par la tranſpiration, ils s'y allument plus ſûrement & plus promptement que quand la peau eſt plus ſéche; & quand on les examine avec une loupe de verre, un inſtant avant qu'ils paroiſſent embraſés, on les voit s'entrouvrir & leurs petits éclats ſe remuer, de la maniére qu'on l'apperçoit à la vûe ſimple dans un morceau de chaux vive, ſur lequel on a jetté de l'eau par aſperſion.

Ces deux faits, dont je ſuis sûr, ne confirment point mal l'explication de M. Homberg, & nous invitent à croire que l'humidité qui régne toujours dans l'air, fait à l'égard de ces

petits grains calcinés, ce que l'eau opére dans les molécules de l'eſprit-de-vin, & l'acide nitreux dans celles des huiles eſſentielles, un frottement conſidérable en s'y introduiſant, une prompte & extrême diviſion des parties propres du corps diſſoluble, & la liberté au feu qu'elles renferment, d'exercer ſon action.

APPLICATIONS.

Des trois derniéres expériences que j'ai rapportées, on peut tirer cette conſéquence, que quand les molécules qui compoſent un certain volume de matiére, reçoivent des chocs ou des frottemens qui vont juſqu'à les diviſer, ſoit que ces mouvemens naiſſent dans la matiére même par une cauſe interne, ſoit qu'on les y excite par l'introduction ou le mêlange d'une autre ſubſtance; pour l'ordinaire, il en réſulte des degrés de chaleur qui peuvent aller juſqu'à l'embraſement: je dis pour l'ordinaire, car on pourroit m'objecter l'exemple de quelques mêlanges, où il ſe fait un bouillonnement qu'on prendroit pour une véritable efferveſcence, mais qui ſont ce-

pendant accompagnés d'un refroidiſſement que le thermométre fait appercevoir clairement.

Preſque toutes les liqueurs odorantes qu'on met dans les flacons de poche, ou dans ceux dont on garnit les toilettes, ne ſont autre choſe que de l'eſprit-de-vin chargé de quelque huile eſſentielle de plante aromatique, telles ſont les eaux de la Reine d'Hongrie, de Méliſſe, de Lavande, &c; quand on les mêle en ſuffiſante quantité avec de l'eau, on ne doit point être ſurpris que ce mêlange reçoive tout d'un coup un degré de chaleur ſenſible; c'eſt au fond la même choſe que ce que nous avons vû dans la cinquiéme expérience.

L'eau-de-vie commune & le meilleur vin ne font pas la même choſe, quoique l'une & l'autre liqueur ſoient en partie de l'eſprit-de-vin, parce que, comme je l'ai dit plus haut, la chaleur n'eſt cauſée qu'autant que l'eau pénétre l'eſprit-de-vin, & qu'elle le diſſout, pour ainſi dire; mais quand cet eſprit eſt déja ſuffiſamment étendu dans ſon flegme naturel, ou dans l'eau qu'on y a ajoûtée, il n'y a plus de pé-

nétration

nétration à attendre, ni par conséquent de nouveaux degrés de chaleur.

La matiére de la transpiration tient beaucoup de la nature de l'eau ou de celle de l'urine, ces deux liqueurs mêlées avec l'esprit-de-vin s'échauffent sensiblement; n'est-ce point par cette raison qu'on sent de la chaleur à la peau, quand on s'est frotté avec de l'esprit-de-vin pur, ou avec quelque liqueur dont il est la base?

Si quelqu'un, pour épargner des frais de transport trouvoit qu'il y eût à gagner en réduisant l'eau-de-vie en esprit, sauf à y remettre la quantité d'eau convenable (*a*) quand la liqueur seroit arrivée au lieu de sa destination; je ne crois pas qu'il dût faire entrer en déduction le déchet de volume qui se fait & qui va, comme nous l'avons dit, jusqu'à $\frac{1}{20}$; car il est plus que probable que ce déchet se fait aux dépens de l'eau. De deux ma-

(*a*) Pour faire avec de l'esprit-de-vin & de l'eau une liqueur à peu près semblable à de l'eau-de-vie, pour la force, ou pour le degré de dilatabilité, il faut les mêler dans la proportion de 3 à 2; c'est-à-dire, trois parties d'eau sur deux d'esprit-de-vin.

tiéres, dont l'une pénétre l'autre, il eſt naturel de penſer que la plus poreuſe, la plus pénétrable eſt celle qui reçoit l'autre dans ſes pores; l'eſprit-de-vin plus léger que l'eau, eſt ſans doute celle des deux liqueurs qui a le plus de vuides à remplir. (*a*)

Tous les végétaux qui fermentent, ne manquent pas de s'échauffer à proportion du mouvement inteſtin qui les agite; le vin qui bout dans la cuve, le cidre & la biere qui forcent les tonneaux, le gonflement & l'efferveſcence des ceriſes & des autres fruits qu'on a écraſés pour faire des ratafiats, ſont autant d'exemples ſenſibles & familiers de cette vérité.

Les parties conſtituantes d'un mixte étant elles-mêmes des petites maſſes compoſées de pluſieurs principes plus légers, plus volatils les uns que les autres; dès que ces principes viennent à ſe déſunir par la fermentation, ceux qui ſont les plus propres à s'évaporer, quittent la maſſe dont ils faiſoient partie, & ſe diſſipent dans l'air.

(*a*) Voyez le Mémoire de M. de Reaumur, cité ci-deſſus, page 219. où ce que l'on ſuppoſe ici, eſt plus amplement prouvé.

De-là vient l'odeur forte que l'on ſent dans les celliers où l'on fait le vin ou d'autres boiſſons, & généralement auprès de tous les corps qui fermentent un peu fortement. Ces vapeurs ſont quelquefois ſi abondantes & ſi actives, qu'on a vû des hommes & d'autres animaux en être ſuffoqués dans un inſtant.

Mais comme ces évaporations ſe font aux dépens de certaines parties, & non pas de toutes également, c'eſt une conſéquence néceſſaire que la nature du mixte dans lequel ſe fait la fermentation, en reçoive un changement notable, puiſque la doſe ou la proportion des principes n'eſt plus la même qu'elle étoit; auſſi remarque-t-on que le goût & l'odeur en ſont différens, & ſouvent même la couleur, la conſiſtance, ou la fluidité, & d'autres qualités accidentelles qui dépendent du nouvel arrangement des parties qui reſtent, ou des nouveaux rapports qu'elles ont entr'elles. Le vin qui a cuvé ne reſſemble plus à celui qui coule de la fouloire.

Dans un mixte qui a fermenté, les parties conſtituantes ſe compoſent

donc de nouveau ; & comme la Nature agit avec d'autant plus de lenteur, qu'elle a deſſein de former un ouvrage plus durable, ce n'eſt qu'après un tems aſſez long qu'on doit attendre un état décidé & fixe : auſſi voyons-nous que les vins qui ont été gardés avec des précautions convenables, ſont meilleurs & plus conſtamment bons que ceux de la même qualité qui ſont plus nouveaux.

On peut dire que les choſes ſe paſſent ainſi pour l'ordinaire ; mais cette régle générale a des exceptions qui dépendent de pluſieurs cauſes particuliéres, dans le détail deſquelles je ne dois pas entrer ici. Je remarquerai ſeulement que dans l'intervalle de tems qu'une matiére employe à ſe recompoſer après avoir fermenté, il peut arriver que cette opération naturelle ſoit troublée par une nouvelle fermentation ; ou ſeulement par quelque évaporation qui diminue encore la doſe des principes d'une certaine eſpéce, & alors le nouveau compoſé ne pourra pas être tel qu'il auroit été ſans cet accident ; ainſi le vin qui travaille après être fait, pour parler le

langage de l'art, court risque de se gâter s'il n'a que les principes qu'il lui faut pour être bon : & au contraire s'il en a quelques-uns de surabondans dont il puisse se purger, cette nouvelle fermentation y donnera lieu, & pourra le rendre meilleur.

Ce dernier cas est le plus rare; & c'est pour cela que l'on fixe autant que l'on peut les liqueurs fermentées dans des bouteilles d'une médiocre capacité : ce moyen est assez sûr, quand le vaisseau est bien fermé, incapable de s'étendre comme pourroit faire un tonneau, & assez solide pour résister à l'effort qui se fait au-dedans ; voici une expérience bien simple qui le prouve.

Dans un tube de verre fermé hermétiquement par un bout, versez d'abord une certaine quantité d'huile de vitriol, & par-dessus faites couler doucement autant d'eau commune. Je dis doucement, afin que les deux liqueurs ne fassent que se toucher sans se mêler : tenez ensuite le tube fermé, ou avec le bout du doigt, ou avec de la cire, & par-dessus un morceau de vessie mouillée, que vous lierez for-

tement ; mêlez enſuite les deux liqueurs en agitant le tube, vous n'aurez point de fermentation, quoique ce mêlange ſoit bien capable d'en faire une; mais ſi vous ôtez le bouchon, vous aurez auſſi-tôt une effervescence conſidérable.

Il réſulte de cette expérience & de quantité d'autres ſemblables, que je pourrois citer, que la fermentation, ſur-tout celle qui doit être accompagnée d'effervescence, n'a pas lieu dans un vaiſſeau bien bouché, & la raiſon s'en préſente d'elle-même ; les parties des liqueurs pour fermenter doivent ſe déſunir & ſe déplacer ; pour cet effet il leur faut plus d'eſpace qu'elles n'en occupent dans leur état naturel; car tout aſſemblage de corps qui ſe dérange ne manque pas d'étendre ſes limites : ſi le lieu où elles ſont eſt rempli, ou par elles-mêmes, ou par de l'air qui ne puiſſe point aſſez céder aux efforts qu'elles font pour ſe mouvoir, elles ſeront contenues dans leur ancien état, & elles garderont tout au plus, & pour un tems, une diſpoſition prochaine à fermenter, auſſi-tôt qu'elles en auront la liberté, comme

nous le voyons tous les jours à l'ouverture des bouteilles de vin de Champagne ou de biere nouvelle.

Ce qu'on nomme vulgairement *putréfaction*, ou *pourriture*, n'eſt autre choſe qu'une fermentation qui a fait plus ou moins de progrès, & ne convient qu'à des matiéres mixtes, à des corps dont les parties conſtituantes peuvent ſe décompoſer : de l'eau bien pure, par exemple, ne fermente point ſeule, parce que toutes ſe parties ſont homogénes ou comme telles, & qu'après une évaporation conſidérable, ce qu'il en reſte dans le vaiſſeau, eſt un aſſemblage de parties, en plus petit nombre à la vérité, mais toujours eſſentiellement ſemblables à celles qui ont été évaporées. La corruption que l'on apperçoit dans l'eau, quand il y en a, eſt une preuve très-certaine qu'elle n'eſt point pure, & que ce qu'elle contient d'étranger eſt une matiére mixte capable de s'altérer, de ſe décompoſer.

Quoique l'eau pure ne fermente point par elle-même, elle peut aider la fermentation des autres corps. Les herbes & les plantes ſont aſſez ſujettes

à se pourrir & à s'échauffer; mais on remarque que cela leur arrive principalement dans ces deux circonstances réunies; 1°. quand on les coupe en état de verdeur, c'est-à-dire, avant qu'elles soient séchées sur pied; 2°. lorsqu'on les tient amoncellées sans les remuer.

Les sucs des plantes vertes sont pour l'ordinaire des parties grasses & salines combinées de différentes maniéres, & étendues dans beaucoup de flegme : tant que ce flegme (qui n'est, à proprement parler, que de l'eau) est assez abondant, il entretient la mobilité des autres principes, & la souplesse des fibres qui doivent se prêter à leurs mouvemens. Dans une plante vivante, cette fonction de la partie aqueuse entre avec succès dans les vûes de la Nature; c'est un véhicule employé & dirigé selon les loix de la végétation : mais quand le tranchant de fer a interrompu cette économie; quand la plante cesse de végéter; alors chaque principe, comme abandonné à lui-même, & n'étant plus déterminé par les causes qui le faisoient précédemment concourir à

la nutrition & à l'accroiſſement du corps organiſé, auquel il appartient, demeure libre d'obéir à toute autre détermination. En un mot, on peut regarder tous les autres principes d'une plante morte par rapport au flegme qui les abreuve, comme autant de parties oiſives qui nagent dans une certaine quantité d'eau : ſi ces parties peuvent s'exhaler promptement, ſi rien d'ailleurs ne s'oppoſe à leur évaporation ; les plus volatiles abandonneront la maſſe, & les plus fixes demeureront unies ſous un moindre volume ; tel eſt l'état d'une plante qui ſe deſſéche.

Mais ſi cette prompte évaporation n'a pas lieu, la partie aqueuſe, toujours fort abondante, agira comme diſſolvant ſur les autres ; elle les pénétrera, elle les diviſera, elle les agitera de toutes les maniéres ; & à leur tour ces principes développés, & comme aiguiſés par la diviſion, porteront auſſi leur action ſur les ſolides, & il ſe fera une diſſolution générale. Comme tout cela ne peut ſe faire ſans que la matiére du feu ſe dégage, & ſe mette en jeu, cette putréfaction

doit être accompagnée d'un certain degré de chaleur ; & voilà précisément ce qu'on voit arriver aux légumes, aux feuilles des arbres, & aux herbes vertes que l'on a mis en tas.

C'est donc avec grande raison que l'on prend soin de faire bien sécher les herbes des prairies après qu'on les a fauchées, en les étendant & en les retournant plusieurs fois pendant la plus grande ardeur du soleil : cette façon, qu'on nomme *fanner*, est si nécessaire, que quand on la néglige un peu, ou que le mauvais tems en empêche les effets, le foin ne manque pas de s'échauffer & de prendre un mauvais goût. On assûre même qu'on l'a vû quelquefois prendre feu de lui-même dans les granges, & causer d'affreux incendies. Ce que je dis ici du foin doit s'entendre de tous les végétaux, & de la plûpart des fruits; quand il s'agira de les serrer, ou de les garder long-tems, on doit avoir attention qu'ils soient suffisamment séchés, que leurs sucs soient comme fixés par un certain degré d'épaississement, & que les solides qui les renferment ne puissent être entamés ou amollis par

aucune humidité extérieure.

Sans cette derniére précaution, la paille même la plus séche devient fumier; & le fumier, comme l'on sçait, n'est autre chose que la littiére des chevaux, des vaches, & des autres animaux, qui se pourrit & qui fermente avec les excrémens. Comme cette fermentation se fait avec lenteur, le degré de chaleur qui en résulte est doux, & peut durer long-tems. C'est pourquoi l'on s'en sert avec beaucoup d'utilité, non-seulement pour engraisser les terres & les fertiliser, mais encore pour échauffer les couches des potagers, & procurer d'avance à certaines plantes la douce température qu'une saison trop tardive ne pourroit leur donner.

M. de Reaumur, toujours aussi attentif qu'il est ingénieux à rendre la Physique utile, vient de faire une application fort importante de ce moyen qui est si facile, & qui coûte si peu. Il s'en sert avec tout le succès qu'on peut désirer pour suppléer à la chaleur d'un oiseau qui couve. Il laisse aux poules de sa basse-cour le soin de pondre des œufs, & il les dispense de

celui de les faire éclore ; de-là il arrive qu'il a beaucoup plus d'œufs qu'il n'en auroit, car on sçait que les poules ne pondent point pendant tout le tems qu'elles mettent à couver, & encore au-delà : il place ces œufs en tel nombre qu'il veut dans un ou dans plusieurs paniers plats ; il met ces paniers les uns sur les autres dans un tonneau couvert d'une planche arrondie, & entouré de fumier nouveau : un seul homme prend soin que la chaleur s'entretienne toujours à peu près égale, (*a*) & au bout de vingt & un

(*a*) Pour cet effet, il y a parmi les œufs un ou plusieurs petits thermométres que l'on a soin de visiter de tems en tems ; quand la chaleur est trop forte, on donne un peu d'air frais en ôtant un moment cette planche arrondie, qui sert de couvercle au tonneau, ou en débouchant des trous qu'on y a pratiqués. Si au contraire la chaleur devient trop foible, on ajoûte du fumier plus nouveau autour du tonneau. La précaution la plus essentielle qu'on doit avoir, c'est qu'il ne régne point d'humidité dans le tonneau, & pour cela il faut qu'il soit enduit de plâtre en dedans, & que cet enduit ait eu tout le tems de sécher ; le degré de chaleur le plus convenable, c'est 32 degrés au thermométre de M. de Reaumur ; mais quelques degrés de plus ou de moins ne gâtent rien.

Voyez, *l'art de faire éclore & d'élever toutes sortes d'oiseaux*, &c. par M. de Reaumur 1751.

jours, terme ordinaire de l'incubation naturelle, on voit éclore des poulets qui ne connoissent point de mere sous l'aîle de laquelle ils puissent être reçûs; on y a suppléé en les faisant passer du tonneau dans une caisse longue aussi entourée de fumier, mais inégalement, afin que les nouveaux nés puissent eux-mêmes choisir le degré de chaleur qui leur convient le mieux.

Voilà donc ces fameux fours d'Egypte (*a*) si long-tems enviés par d'autres Nations, vainement désirés & tentés par les Princes (*b*), les voilà donc enfin imités, (je dirois presque surpassés, eû égard à la facilité & au

(*a*) Les habitans de Bermé, village d'Egypte à cinq lieues du Caire, sont depuis très-long-tems dans l'usage de faire éclore dans des fours faits exprès des œufs qu'on leur porte par milliers, & de cette pratique dont ils sont seuls en possession, ils se sont fait un commerce très-considérable.

(*b*) J'ai vû faire il y a treize ou quatorze ans à Chantilly bien des tentatives inutiles à ce sujet, on se servoit d'étuves avec un feu de lampe; mais apparemment que la vapeur de l'huile empêchoit le succès. Plusieurs fois le poulet s'est formé, mais il n'est jamais venu à bien.

peu d'appareil de l'opération,) par des fours de fumier. Quand on a vû ce dont il eſt queſtion, quand on en a admiré le ſuccès, on eſt preſque auſſi ſurpris de voir que cela ait été ſi long-tems à ſe préſenter, & que ce dût être le fruit des recherches d'un grand homme : mais ne ſçait-on pas que nous nous éloignons ſouvent des objets que nous cherchons, parce que nous ne pouvons pas nous imaginer qu'ils ſoient ſi près de nous : il y a preſque autant de mérite à replier ſon eſprit ſur des choſes ſimples pour y recueillir une vérité que perſonne ne daignoit y chercher, qu'il peut y en avoir à lui laiſſer prendre tout ſon eſſor pour faire une découverte à laquelle bien d'autres prétendent.

Les fours où l'on entretient continuellement un très-grand feu, tels que ſont ceux des verreries ou des fayanceries, périſſent entiérement & ſe diſſolvent, pour ainſi dire, lorſqu'on les éteint pour les raccommoder, ſi lon ne prend pas la précaution d'en fermer exactement toutes les bouches & tous les endroits par où l'air pourroit y entrer librement.

C'est un fait que j'ai appris des ouvriers mêmes & des directeurs de ces Manufactures, & contre lequel je les ai vû se mettre en garde. Les effets de l'air humide sur le pyrophore de M. Homberg, dont nous avons parlé dans la derniére expérience, nous mettent à portée de rendre raison de celui-ci. Car comme cette matiére fortement calcinée se saisit avec avidité des particules d'eau qui la touchent, & qu'elle perd par cette imbibition subite presque toute sa consistance, de même l'humidité de l'air ne manqueroit pas de pénétrer intimement les espéces de briques dont ces fours sont fabriqués en dedans, si leurs pores extrêmement dilatés par l'action du feu n'avoient tout le tems qu'il leur faut pour se reserrer, avant qu'on les ouvre pour les réparer.

C'est ici le lieu de dire un mot des météores enflammés, qu'on attribue communément à certaines exhalaisons qui s'embrasent sous différentes formes dans l'atmosphére, par fermentation ou autrement: c'est un sujet qu'il seroit bien difficile de traiter à fond, sur-tout si l'on se proposoit

non-ſeulement d'expoſer, mais auſſi d'expliquer tous les phénoménes qu'elle préſente. Preſque tous ces feux aëriens impriment plus de frayeur que de curioſité à la plûpart de ceux qui en ſont témoins; s'il s'en trouve qui ayent le courage de vouloir les obſerver, ces effets preſque toujours momentanés, échapent aux yeux les plus attentifs : & ſi l'on veut s'en inſtruire par le rapport d'autrui, l'amour du merveilleux dans une matiére qui n'en a déja que trop, altére bien ſouvent la vérité des récits,& enveloppe un fait qui eſt vrai, dans des circonſtances qui ne le ſont pas, & qui le rendent inexplicable.

C'eſt pourquoi nous ſommes encore peu inſtruits ſur cette partie de la Phyſique qui attire depuis tant de ſiécles les regards & l'attention des hommes. Nous n'avons ſur les météores enflammés que des conjectures; encore eſt-il plus facile de les attaquer par des objections ſérieuſes, que de les défendre par des raiſons ſatisfaiſantes de tout point : conjectures ſur la vraie matiére de ces feux; conjectures ſur la cauſe de leur inflammation; conjectu-

tes ſur la maniére dont ils opérent les effets qu'on eſt comme forcé de leur attribuer ; incertitude par-tout.

A l'égard des matiéres que la nature employe pour ces grandes & effrayantes opérations, il eſt aſſez naturel de penſer qu'elle les choiſit parmi les exhalaiſons qui s'élévent de la terre, & qui montent dans l'Atmoſphére juſqu'à une certaine hauteur. Ce qui autoriſe à le croire, c'eſt que ces feux ſont plus fréquens & communément plus conſidérables, ſuivant les lieux & la ſaiſon où l'on ſçait que ces ſortes d'exhalaiſons propres à s'enflammer, ſont plus abondantes ; dans les pays chauds & pendant l'été des autres climats, dans les contrées où le terrain eſt bitumineux ou mêlé de ſoufre, on voit plus ſouvent qu'ailleurs & que dans d'autres tems les phénoménes dont il eſt queſtion.

Ces petites flammes errantes, par exemple, qu'on nomme *Feux folets*, & auxquels les gens de la campagne attribuent tant de malignité, ſe voyent aſſez communément ſur la fin de l'été, ou au commencement de l'automne dans les endroits marécageux & dans

les cimetiéres où la terre eſt graſſe & ſulphureuſe de ſa nature, ou par les cadavres qu'elle renferme; l'état du lieu & celui de la ſaiſon déterminent à croire que ce ſont des petits nuages d'exhalaiſons enflammées, ou peut-être ſimplement phoſphoriques qui flotent au gré du vent, & qui continuent de luire juſqu'à ce que la matiére qui fournit à l'inflammation, ſoit entiérement conſumée, ou que la lumiére dont elle brille, ſoit éteinte.

Un voyageur mal inſtruit de la route qu'il doit tenir, court riſque de s'égarer, ou de tomber dans quelque précipice, s'il s'obſtine à ſuivre cette lueur incertaine & vacillante; mais ce n'eſt point, comme on le voit bien, par la malice de ſon guide; c'eſt parce qu'il eſt mal éclairé dans des lieux où il y a aſſez ordinairement des mares ou des trous pleins d'eau.

J'ai peine à croire, comme l'aſſure Robert Flud, que quand on ſe ſaiſit de ces feux, ou que quand on remarque l'endroit où ils ſe ſont poſés, on y trouve une matiére glaireuſe; il faudroit donc qu'elle fût bien raréfiée, pour ſe ſoutenir en l'air ſi long-tems. Au

reſte ſi cette obſervation étoit bien conſtatée, il ne faudroit plus regarder ce phénoméne comme un feu, comme une vapeur enflammée, mais ſimplement comme un phoſphore volant.

Il n'eſt pas douteux que parmi une infinité de matiéres différentes qui s'exhalent de la terre, il n'y en ait beaucoup qui ſoient de nature à s'enflammer; les différentes odeurs qui ſe font ſentir dans les jardins, près des cloaques, dans les voiries & ailleurs, nous prouvent inconteſtablement que les exhalaiſons ſont de toutes les eſpéces; que l'air ſe charge des ſels, des ſoufres, des huiles, des eſprits, comme des parties aqueuſes, dont nous n'ignorons pas qu'il eſt abondamment rempli.

Et toutes ces ſubſtances que nous ſçavons être inflammables, lorſqu'elles ſont en liqueurs, ne le ſont pas moins, lorſqu'elles ſont ſubtiliſées & réduites en vapeurs. Combien de plantes aromatiques dont on voit les exhalaiſons s'enflammer, lorſqu'on en approche une bougie allumée dans un lieu obſcur? La fraxinelle, par exemple, eſt très-propre à cette épreuve: & ſi l'on veut encore quelque choſe de plus frap-

pant, on peut recevoir dans une groſſe veſſie ſéche & bien tranſparente la fumée d'un peu d'huile de Térébenthine que l'on fera bouillir dans un petit matras ſur des charbons ardens. La veſſie étant bien remplie de cette fumée, & ouverte ſeulement d'un trou large comme un petit écu, ſi l'on y préſente la flamme d'une chandelle, toute la vapeur, (fût-elle refroidie,) s'allumera ſubitement, & pluſieurs fois ſucceſſivement.

C'eſt par de pareilles expériences que l'on eſſaye d'expliquer ces feux que nous appercevons ſi ſouvent à des hauteurs aſſez conſidérables dans l'air, tantôt ſous la forme d'une fuſée, & que le vulgaire appelle pour cela *Etoiles qui filent*, tantôt ſous la figure d'un petit globe rayonnant de lumiére, & qui deſcend avec une médiocre vîteſſe, ce que l'on nomme parmi le peuple *Etoile tombante.* Ces apparences, dit-on, ſont cauſées par des traînées ou par des petits nuages de vapeurs inflammables qui s'allument, & dont la lumiére prend telle ou telle direction, tel ou tel degré de vivacité, ſuivant la poſition & la natu-

re des matiéres qui prennent feu.

Il ne manque à cela pour quadrer avec les exemples ſur leſquels on s'appuye, que la chandelle qui doit mettre le feu à ces matiéres combuſtibles, & qu'on ſuppoſe toutes prêtes à s'enflammer; mais comme elles ſont de nature à fermenter avec d'autres matiéres qui peuvent s'être élevées de la terre auſſi-bien qu'elles, & que ces ſortes de fermentations, comme nous l'avons fait voir, peuvent aller juſqu'à l'inflammation; on peut encore, ſans rien outrer abſolument, imaginer que les unes & les autres ſont parvenues à la même hauteur par différentes routes, & que le feu qu'on apperçoit, annonce le moment où elles ſe joignent & ſe mêlent.

Si cependant ces déflagrations fortuites de matiéres ſpécifiquement différentes, qui s'élévent dans le même milieu ſans ſe mêler, ſi ce n'eſt en certains cas, avoient peine à gagner la confiance du Lecteur; ſi de plus ces fermentations enflammées dont nous avons donné un exemple dans la ſixiéme Expérience, bien-loin de lui prouver la poſſibilité de celles qu'on

ſuppoſe dans l'Atmoſphére, (toujours chargée de quelque humidité,) ne faiſoient que lui rendre cette ſuppoſition plus ſuſpecte, à cauſe de l'attention ſcrupuleuſe, mais néceſſaire, que nous avons eûe de n'employer que des matiéres bien déflegmées; ce ne ſeroit pas la peine de ſuivre plus loin les raiſons que l'on prétend donner des autres phénoménes du même genre; car on va voir les *peut-être* ſe multiplier, & les vraiſemblances diminuer à meſure que nous entrerons plus avant dans l'examen des météores fulminans.

Qu'eſt-ce que cette lumiére vive & ſubite qui s'élance d'un nuage entreouvert, & qu'on nomme *Eclair ?* Quelle eſt la cauſe de ce bruit terrible que nous entendons au-deſſus de nos têtes, qui éclate de mille maniéres différentes, & qu'on appelle *Tonnerre ?* Enfin qu'eſt-ce que cette matiére que nous appellons *foudre ou carreau* qui renverſe en un clin d'œil les édifices les plus ſolides, qui brûle & qui fond les corps les plus durs, & dont les effets tiennent du prodige, non-ſeulement par leur grandeur, mais encore plus par leur ſingularité ?

Nombre d'Auteurs ont fait leurs efforts pour répondre à ces queſtions : parmi ceux qui me paroiſſent avoir le mieux réuſſi, on peut conſulter principalement une ſçavante diſſertation du P. de Lozeran Jéſuite, qui fut couronnée par l'Académie de Bordeaux en 1726. On y verra non-ſeulement, comme dans preſque tous les ouvrages où ce ſujet eſt traité, que la matiére propre du tonnerre eſt composée d'exhalaiſons qui s'enflamment ; mais on y apprendra encore comment elle ſe prépare dans la nuée, & par quel méchaniſme elle prend ſon eſſor. Si l'obſervation qu'on lit dans une lettre à part, à la ſuite de cette diſſertation, a été faite par un homme, qui ait vû de ſang froid tout ce qu'il rapporte, & qui n'ait rien mis de ſon imagination, il faut avouer que le pere de Lozeran n'avoit point mal deviné, & à l'égard de l'Obſervateur, c'eſt bien le cas de dire qu'il a pris la nature ſur le fait.

Sans entrer dans un détail auſſi délicat, nous ſuppoſerons, comme on fait en général, que la matiére du tonnerre eſt un mêlange d'exhalaiſons capables de s'enflammer, en fermen-

tant, ou par le choc & la preſſion des nuées que les vents agitent & pouſſent violemment les unes contre les autres.

Lorſqu'une portion conſidérable de ce mêlange vient à prendre feu, il ſe fait une exploſion plus forte ou plus foible ſuivant la quantité ou la nature des matiéres qui s'enflamment, ou ſuivant le plus ou le moins d'obſtacles qui s'oppoſe à leur expanſion ſubite.

Si l'inflammation ſe fait d'une médiocre quantité de matiéres, & au bord de la nuée; cet effet ſe paſſe ſans bruit au moins à notre égard; il n'en réſulte qu'un éclat de lumiére à peu près comme ſi nous appercevions de loin une certaine quantité de poudre qui s'enflammât librement en plein air, & ſans être renfermée. Voilà l'éclair qui nous éblouit, ſans nous rien faire entendre. Mais quelle vivacité de lumiére pour une ſimple vapeur qui s'allume loin de nous! Combien n'en faut-il pas pour nourrir pendant cinq ou ſix heures & même davantage, tous ces feux qui ſe ſuccédent continuellement! Et comment tant de matiéres brûlées ne répandent elles pas une odeur qui

parvienne

parvienne jusqu'à nous, sur-tout quand il tombe une pluie abondante de l'endroit même où se font toutes ces déflagrations! Passons à d'autres effets.

Qu'une plus grande quantité de cette même matiére vienne à fermenter dans le corps même de la nuée; aussi-tôt grande effervescence, bouillonnemens, explosions : & si cette premiére portion éclatant ainsi, en rencontre une semblable qui n'ait point tout ce qu'il lui faut de mouvement pour éclater elle-même ; elle l'animera de son action, & celle-ci une troisiéme : de proche en proche il se fera une suite d'explosions d'autant plus violentes que ces matiéres seront enveloppées de nuages plus épais. C'est ainsi, dit-on, que se font ces coups simples, ou redoublés, qu'on entend quand il tonne, & dont les échos peuvent encore augmenter la durée.

La nuée entre-ouverte par les grandes explosions, laisse échaper une partie de ces feux qu'elle renferme. Autant de fois que cela arrive, c'est un éclair, plus vif que les précédens, & qui annonce un coup, que nous n'entendrons pourtant qu'après

quelques inſtans, parce que le bruit ou le ſon ne ſe tranſmet pas avec autant de promptitude que la lumiére.

Si vous me demandez pourquoi tant de feux n'échauffent point la nuée qui les porte, & par quelle raiſon la pluye qui en vient n'eſt pas chaude ? Je répondrai qu'apparemment cette pluye ſe refroidit en traverſant l'air pour parvenir juſqu'à terre. Mais ſi vous inſiſtez en obſervant que toutes les fois qu'il pleut, même pendant qu'il tonne, on apperçoit par le thermométre, que l'air devient plus froid, je conviendrai du fait, & j'avouerai que c'eſt une vraie difficulté qui mérite qu'on y réfléchiſſe : car de l'eau qu'on peut légitimément ſoupçonner d'avoir été fortement échauffée, ne doit pas naturellement rendre l'atmoſphére plus froide qu'elle n'eſt.

Enfin, faiſons tomber la foudre : mais avant qu'elle s'élance hors de la nuée, voyons en gros les qualités qu'elle doit avoir pour opérer, je ne dis pas toutes ces merveilles, vraies ou fauſſes, dont on rempliroit des volumes, ſi l'on vouloit ſeulement en faire l'énumération, mais ces princi-

paux effets que perſonne n'ignore, & qui ſont comme la ſource de tous les autres.

Tout le monde ſçait 1°. que la foudre vient ſur l'objet qu'elle frappe, avec une vîteſſe preſque égale à celle de l'éclair qui l'annonce. 2°. Que ſa direction n'eſt pas toujours celle d'un corps grave qui obéit librement à ſa peſanteur, puiſqu'elle agit latéralement, & même de bas en haut. 3°. Qu'elle laiſſe des marques de percuſſion violente, comme pourroit faire une maſſe très-dure. 4°. Qu'elle eſt capable d'embraſer, de fondre, de calciner dans un inſtant tout ce qu'elle touche, ce que feroit à peine le feu le plus actif. 5°. Qu'elle peut faire périr des animaux ſans qu'on y apperçoive enſuite aucune cauſe de mort bien marquée. 6°. Qu'elle laiſſe ſouvent après elle une fumée fort épaiſſe, & une odeur de ſoufre qui dure longtems & qui s'étend au loin.

Quiconque entreprend d'expliquer la foudre, doit donc enviſager tous ces effets, & ne propoſer pour cauſe que ce qui eſt capable de les produire ſelon les loix établies dans la Nature,

& que nous lui voyons ſuivre dans le reſte de ſes opérations.

Pour rendre raiſon de la chûte précipitée de la foudre, de ſa force percuſſive, de l'embraſement qu'elle cauſe, &c. n'allons donc pas imaginer *des globes de matiéres enflammées, qui enveloppent & qui compriment un noyau d'air, pour en faire un corps dur & ſi lourd, que la vîteſſe de ſa chûte puiſſe répondre à la grandeur de ſon poids.* (*a*) On nous renvoyeroit, & avec raiſon, au Rudiment de la Phyſique, pour apprendre que l'air eſt de toutes les matiéres que nous connoiſſons le moins propre à faire un corps d'un grand poids; que les matiéres enflammées le raréfient ou le dilatent néceſſairement, & ne le condenſent pas;

(*a*) Je ne combats point ici des erreurs imaginaires : c'eſt en ſubſtance ce que j'ai lû dans un Ouvrage qui n'a pas un an de date. L'Auteur eſt un homme de mérite que je n'ai point deſſein de mortifier par ma critique; mais ſa réputation, qu'il ſoutient très-bien dans les choſes qui ſont plus directement de ſon reſſort, pourroit en impoſer à des Lecteurs timides; & c'eſt uniquement pour prévenir ce mauvais effet que je prens la liberté de corriger ſes idées.

qu'un tel corps, s'il avoit lieu, pésât-il vingt milliers, ne tomberoit guéres plus vîte qu'un grain de grêle, & enfin que quand il jouiroit de toute la vîtesse que peut lui donner la pesanteur, sans même avoir égard à la résistance d'aucun milieu, il mettroit quatre secondes de tems pour faire une chûte de deux cens quarante pieds, ce qui ne ressemble guéres à la vîtesse de la foudre. Si nous épousons des conjectures, tâchons au moins qu'elle ne heurtent point de front les principes les plus connus & les plus certains.

Quelqu'opinion qu'on embrasse de toutes celles qui ont paru jusqu'ici touchant cette matiére (*a*), la fou-

(*a*) Il faut pourtant en excepter celle de M. Maffeï, qui prétend que la foudre ne vient point d'en haut, mais de la terre : ce Sçavant est si ferme dans ce sentiment ; il prétend avoir des preuves si fortes pour le soutenir, qu'il ne comprend pas même comment on peut en embrasser un autre ; on juge bien qu'il compte au nombre de ses argumens, les difficultés qu'on peut faire contre l'opinion commune que nous avons suivie, & qu'il en connoît, comme nous, & peut-être mieux que nous, tous les endroits foibles. Sans adopter la prétention de M. Maffeï, je suis bien-aise

dre eſt toujours une vapeur enflammée qui créve la nuée tantôt par en haut, tantôt par en bas, ou de côté, qui s'élance avec une vîteſſe proportionnée à ſon exploſion, comme la poudre qui s'enflamme dans une bombe porte ſon action aux environs quand elle a briſé le métal qui la retenoit; la foudre part donc à chaque coup de tonnerre qui eſt précédé d'un éclair, mais elle ne frappe les objets terreſtres que quand elle éclate dans une direction qui l'y conduiſe.

Qu'elle arrive avec une vîteſſe inexprimable, qu'elle enflamme, qu'elle fonde, qu'elle conſume ce qu'elle touche, c'eſt l'effet que l'on conçoit d'une violente exploſion, & d'un feu dont l'activité ſurpaſſe les idées communes. Quand il ne s'agit que d'étendre notre imagination pour atteindre à des conceptions dont les germes, pour ainſi dire, nous ſont déja familiers; cela coûte beaucoup moins que de paſſer tout d'un coup à des idées neuves, à des idées qui

cependant de faire remarquer qu'un habile homme prétend que la foudre n'eſt point une matiére enflammée qui tombe de la nuée.

ne sont soutenues par aucun exemple. Je sçai qu'une fusée, à laquelle on met le feu, s'élance dans l'air, & va crever à trois cens ou quatre cens pieds de distance ; cette image, toute foible qu'elle est, m'aide à regarder au moins comme possible, l'arrivée presque subite d'un feu tout autrement préparé dans la partie moyenne de l'atmosphére, & tout ce qu'il peut faire ici-bas, soit en qualité de feu, soit en qualité de vapeur pénétrante, embrasement de charpentes, fusion de métaux, suffocation d'animaux, &c.

L'esprit ne trouve pas de même de quoi s'appuyer quand il considére ces grands chocs, ces percussions qui paroissent n'avoir porté qu'en un seul endroit, & dont les marques ressemblent bien mieux à celles qu'auroit pû laisser un boulet de canon, ou la chûte d'un rocher, qu'aux impressions toujours plus étendues d'un fluide qui auroit heurté avec la derniére violence ; j'ai vû moi-même de ces coups du tonnerre tout récens dans de gros murs : rien ne ressembloit mieux à l'enfoncement qu'auroit fait

un corps très-dur lancé avec la plus grande force. J'ai vû des poutres brisées par le même accident, où l'endroit du choc étoit marqué par une place noircie, à peu près large comme la main.

Gardons-nous bien cependant pour nous mettre l'esprit à l'aise sur ces phénoménes, de faire naître dans la nuée des corps durs & pesans, des masses solides qui répondent à l'idée que nous avons de la force percussive du tonnerre ; de ces *pierres de foudre*, par exemple, dont on prétend avoir encore les précieux restes en plusieurs endroits, & qui ne sont aux yeux des connoisseurs que des pyrites ou des pierres dont l'espéce est connue ; il faudroit que ces masses fussent bien autrement grandes qu'on ne nous les montre avec toute la vîtesse qu'on leur suppose, pour faire en qualité de corps durs les effets que produit souvent un coup de tonnerre. Il faudroit encore qu'ils ne se formassent que dans l'instant même qu'ils commencent à tomber ; car comment se soutiendroient-ils dans un fluide qui ne peut porter que des vapeurs.

Achevons

Achevons d'exposer l'opinion la plus vraisemblable & la plus reçûe, en supposant pour l'effet dont il s'agit, que la matiére de la foudre, toujours de la même nature que celle des éclairs, n'en différe en ce dernier cas que parce qu'elle a été chassée de la nuée avant que d'avoir fait son explosion. Semblable à la bombe qu'une charge de poudre chasse du mortier avant qu'elle créve, cette matiére, lorsqu'elle est arrivée à terre, éclate contre l'objet solide qu'elle rencontre, elle l'enfonce, elle le rompt à l'endroit où elle le touche; elle ne l'enflamme point si elle n'a pas eû le tems de le toucher assez, de s'y attacher avant que d'éclater, & de se dissiper. On conçoit bien qu'un tel effet ne peut se passer ni sans fumée, ni sans odeur.

Après tout ce que je viens de dire touchant les météores enflammés, ne me reprochera-t-on pas d'avoir jetté plus d'incertitudes que d'instructions dans l'esprit de mon Lecteur? J'ai cependant compté l'instruire en lui montrant les endroits foibles du systême que j'exposois, afin que s'il n'en

eſt pas plus content que je le ſuis, il ſuſpende ſon jugement comme je ſuſpends le mien, & qu'il ſe tienne toujours prêt à examiner ſans prévention tout ce qu'on pourra eſſayer de dire par la ſuite ſur le même ſujet.

Si quelqu'un, par exemple, entreprenoit de prouver par une comparaiſon bien ſuivie des phénoménes, que le tonnerre eſt entre les mains de la Nature ce que l'électricité eſt entre les nôtres; que ces merveilles dont nous diſpoſons maintenant à notre grè, ſont de petites imitations de ces grands effets qui nous effrayent, & que tout dépend du même méchaniſme: ſi l'on faiſoit voir qu'une nuée préparée par l'action des vents, par la chaleur, par le mêlange des exhalaiſons, &c. eſt vis-à-vis d'un objet terreſtre, ce qu'eſt le corps électriſé, en préſence & à une certaine proximité de celui qui ne l'eſt pas; j'avoue que cette idée, ſi elle étoit bien ſoûtenue, me plairoit beaucoup; & pour la ſoûtenir, combien de raiſons ſpécieuſes ne ſe préſentent pas à un homme qui eſt au fait de l'électricité? L'univerſalité de la matiére électrique,

la promptitude de son action, son inflammabilité & son activité à enflammer d'autres matiéres; la propriété qu'elle a de frapper les corps extérieurement & intérieurement jusques dans leurs moindres parties; l'éxemple singulier que nous avons de cet effet dans l'expérience de Leyde; l'idée qu'on peut légitimement s'en faire, en supposant un plus grand degré de vertu électrique, &c. tous ces points d'analogie que je médite depuis quelque tems, commencent à me faire croire, qu'on pourroit, en prenant l'électricité pour modéle, se former touchant le tonnerre & les éclairs, des idées plus saines & plus vraisemblables que tout ce qu'on a imaginé jusqu'à présent: (*a*) mais il est tems de finir cette digression, & d'achever ce que nous avons à dire sur les différentes maniéres dont on peut exciter l'action du feu.

Il en est une que la nature pratique d'elle-même, & qui n'a besoin du secours de l'art, que quand il s'agit de

(*a*) Depuis la premiére Edition de cet Ouvrage, ces conjectures sont devenues presque des certitudes. Voyez *les lettres sur l'Electricité, &c.* 1752.

porter les effets jusqu'à l'embrasement. Le Soleil en éclairant la terre, entretient un certain degré de mouvement dans le feu, qui appartient à cette Planete; tous les corps terrestres dont les plus petits vuides sont occupés par cet élément, se ressentent plus ou moins de son action, suivant que leur nature les en rend plus ou moins susceptibles, ou que l'astre qui l'excite, les regarde plus ou moins directement: & tout est mesuré de maniére, que comme l'influence du soleil n'est jamais sans effet, aussi la chaleur qui en résulte, se contient-elle toujours dans des bornes qui sont beaucoup au-dessous de ce que nous appellons embrasement.

Mais ces mêmes rayons qui n'excitent qu'un degré de chaleur assez limité, quand on les reçoit dans l'ordre qu'ils ont naturellement entr'eux, en venant immédiatement du Soleil, échauffent considérablement, brûlent, enflamment & consument les corps sur lesquels on les multiplie; ce qui peut se faire par plusieurs moyens dont je vais donner quelques exemples, en commençant par le plus simple.

VIII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

QUE huit ou dix personnes reçoivent en même tems les rayons du Soleil sur des miroirs plans de trois ou quatre pouces de diamétre ; & que chacune d'elles ait soin de faire réfléchir ces rayons sur la boule d'un thermométre placé d'une maniére convenable à une distance de douze ou quinze pieds. Voyez la fig. 9.

EFFETS.

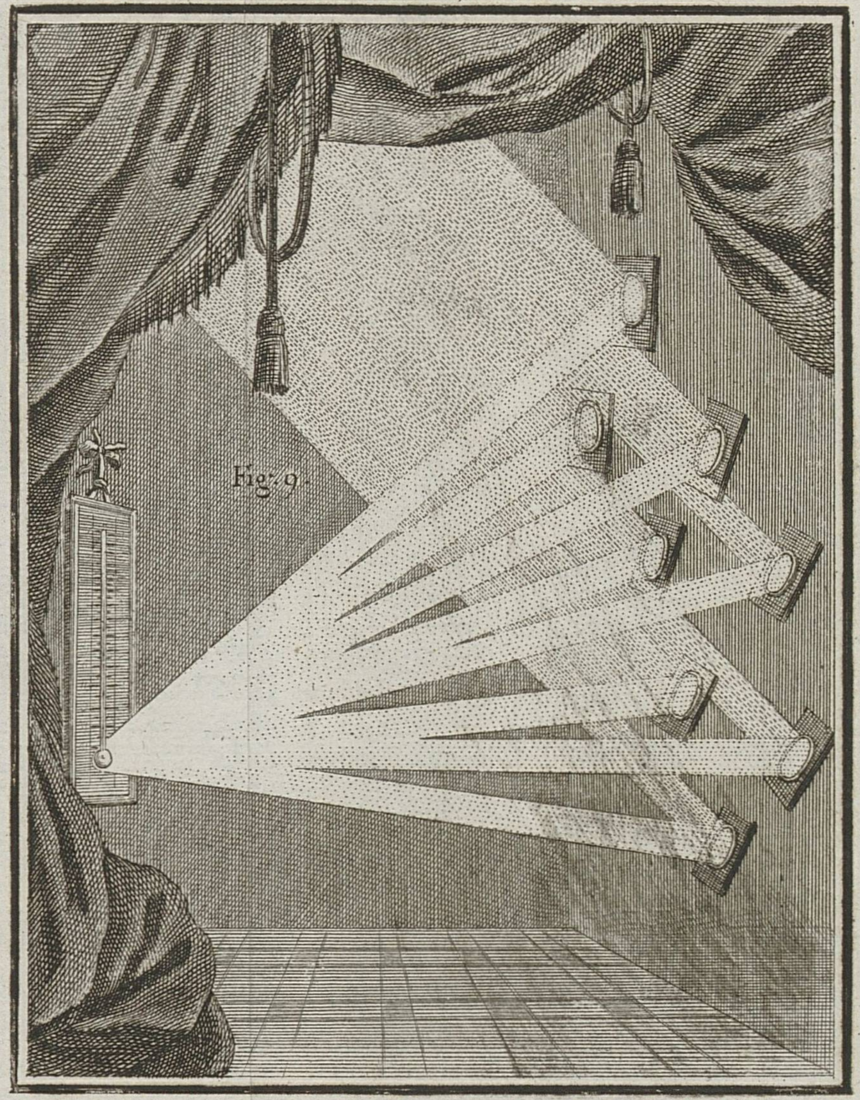
EN peu de tems on verra la liqueur du thermométre monter beaucoup au-dessus de l'endroit où elle étoit avant que de recevoir toutes les images coïncidentes du Soleil.

EXPLICATION.

JE ne veux considérer ici que l'effet de plusieurs images du soleil réunies, appliquées en même tems sur le même objet, renvoyant à la quinziéme Leçon tout ce que j'ai à dire touchant l'espéce du mouvement qu'on doit attribuer aux rayons solaires, tou-

chant la cauſe & les loix de leur réflexion, &c.

Chacun des Miroirs plans de notre expérience, reçoit un certain nombre de rayons, dont une partie demeure ſans action (au moins pour l'effet dont il s'agit) à cauſe des imperfections inévitables de la ſurface réfléchiſſante ; le reſte eſt renvoyé dans un eſpace un peu plus grand que le miroir pour des raiſons que je dirai ailleurs ; ainſi le nombre des rayons étant diminué d'une part, & de l'autre leur action devenant plus foible puiſqu'elle eſt étendue ſur une plus grande place, le thermométre, s'il n'étoit expoſé qu'à une ſeule de ces images réfléchies du ſoleil, recevroit moins de chaleur, que s'il étoit expoſé, comme le miroir, aux rayons directs. Mais ce déchet ou cet affoibliſſement de l'image du Soleil réfléchie, n'eſt point auſſi conſidérable qu'on pourroit le croire : on voit par les expériences de M. du Fay, que la dixiéme partie des rayons ſolaires renvoyés par un miroir plan d'un pied en quarré, à la diſtance de cent toiſes, avoient encore la force de brûler, quand on les


Fig. 9.

rassembloit dans un très-petit espace, de la maniére dont nous ferons mention ci-après.

Huit ou dix images du Soleil semblables à celles dont je viens de parler, étant donc réunies sur un même espace, quoique chacune d'elles soit un peu affoiblie, toutes ensemble produisent un assez grand degré de chaleur; & l'on conçoit bien, qu'en multipliant ainsi ces images sur le même sujet, on pourroit l'échauffer jusqu'à le brûler ou le fondre: car il n'en est pas de ces rayons multipliés & réunis, comme de plusieurs quantités de matiére qui auroient chacune un certain degré de chaleur. Une pinte d'eau chaude, multipliée huit ou dix fois dans le même vase, ne fera pas monter le thermométre au-delà de ce qu'une seule pourroit faire; ou si l'on veut, que l'égalité des volumes, dans l'exemple que je veux donner, réponde mieux à l'unité d'espace qui reçoit les rayons, quatorze livres de mercure ne communiquent pas plus de chaleur à un petit corps, qu'une livre d'eau chauffée au même degré: au lieu que chaque rayon solaire est doué d'une puis-

ſance dont l'intenſité croît par cela même qu'elle eſt unie avec d'autres puiſſances ſemblables.

IX. EXPERIENCE.

PREPARATION.

LA figure 10 repréſente un miroir rond & concave de métal, qui a environ deux pieds de largeur, & dont la concavité fait partie d'une ſphére de cinq pieds de diamétre. On oppoſe ce miroir au Soleil, de façon que ſon axe *AB* faſſe un angle fort aigu avec les rayons incidens de cet Aſtre.

EFFETS.

ON apperçoit un cône de lumiére très-vive, dont la baſe eſt appuyée ſur la ſurface du miroir, & ſi l'on préſente au ſommet *C* de ce cône, quelque éclat de bois, ou quelqu'autre corps combuſtible; le feu y prend dans le moment même, ce qu'on apperçoit par la fumée épaiſſe, & par la flamme qui en ſort. Une lame de plomb, ou d'argent, qu'on tient avec une pince longue, pendant quelques inſtans, au même endroit, s'y fond & tombe

par goutes; les pierres s'y calcinent, & les matiéres qui peuvent ſe convertir en verre, s'y vitrifient. Mais pour ce dernier effet, comme il faut tenir la matiére en fuſion pendant quelque tems, il faut qu'elle ſoit poſée dans un petit creux fait dans un charbon que l'on tient au foyer *C.*

EXPLICATION.

PUISQUE les Géométres conſidérent le cercle comme un poligone d'une infinité de côtés, & que les ſurfaces tiennent tout ce qu'elles ſont de la nature des lignes qui les compoſent, nous pouvons regarder la ſurface réfléchiſſante de notre miroir, comme un aſſemblage d'un très-grand nombre de petits miroirs plans, inſenſiblement inclinés les uns aux autres, ſelon la courbure d'une ſphére, & ſuppoſer, juſqu'à ce que nous le prouvions ailleurs comme il convient, que chacun d'eux recevant l'image du Soleil, ou un petit bouquet de rayons lumineux venant de cet Aſtre, ſe trouve juſtement tourné de maniére à le réfléchir, au point *C*, ou fort près aux environs. On voit par-là comment

toutes ces images sont rassemblées dans un petit espace; & comme on a fait voir par l'expérience précédente, que plusieurs images du Soleil coïncidentes au même endroit, y augmentent la chaleur à proportion de leur nombre, on conçoit aisément que toutes les facétes qu'on peut imaginer dans un miroir concave, qui a deux pieds de diamétre, peuvent former, par les rayons qu'elles réfléchissent, un foyer assez ardent pour produire les effets dont j'ai fait mention.

Ce qu'on ne peut assez admirer, c'est la grande activité de ce feu élémentaire, qui dans un instant prend toute sa force, & qui la perd de même; dans ce même foyer où le métal couloit, il n'y reste aucune marque de chaleur extraordinaire, dès qu'un simple voile vient à cacher le miroir.

X. EXPERIENCE.

PREPARATION.

RECEVEZ les rayons du Soleil sur un de ces verres, avec lesquels on voit

les objets plus gros qu'avec la vûe ſimple, & qu'on nomme vulgairement *loupes* ou *lentilles*, parce qu'ils ſont terminés par deux ſurfaces convexes, dont chacune eſt une portion de ſphére. Fig. 11.

EFFETS.

A quelques pouces au-delà de ce verre, s'il eſt un peu large & fort épais du milieu, vous appercevrez le ſommet d'un cône de lumiére, dont la baſe ſera appuyée ſur la ſurface poſtérieure du verre, comme celui de l'expérience précédente avoit la ſienne poſée ſur la ſurface antérieure du miroir.

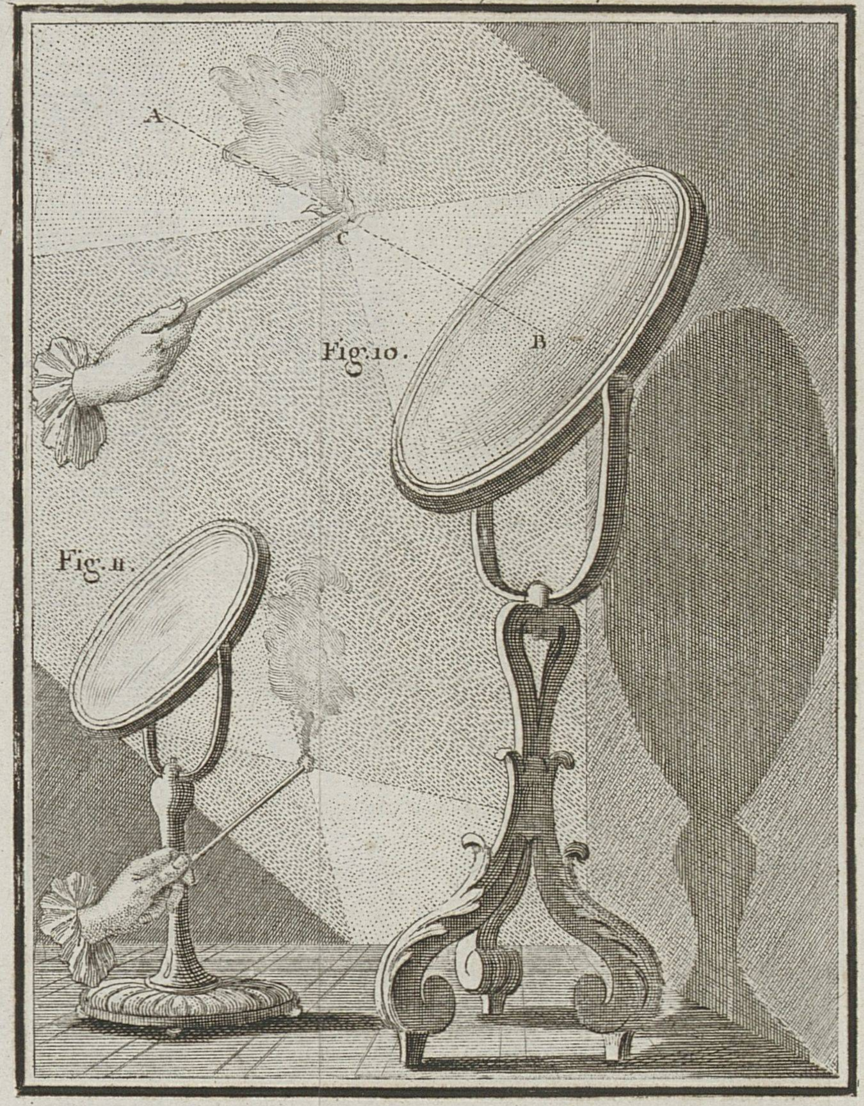
Au ſommet de ce cône, ſi vous expoſez quelque matiére combuſtible, comme de l'amadou, du drap, un morceau de feutre, vous le verrez fumer & prendre feu dans l'inſtant.

EXPLICATION.

JE me diſpenſe encore ici de faire connoître par quelle raiſon une lentille de verre raſſemble les rayons ſolaires ou leur action dans un petit eſpace, renvoyant cette théorie à la Le-

çon qui comprendra les principes de la Dioptrique. Je me contente à présent de considérer ces rayons réunis, par un moyen différent de ceux que j'ai employés précédemment, & d'en tirer cette conséquence, que de quelque manière que cela se fasse, ce feu, pour ainsi dire, concentré, devient d'autant plus actif, qu'il est rassemblé en plus grande quantité dans un petit espace; que son action se transmettant aux parties de son espéce, aux parties ignées qui sont cachées & comme assoupies dans les pores d'une matiére, les excite, jusqu'au point d'y faire naître, non-seulement de la chaleur, mais même un véritable embrasement.

Qu'on ne croye pas cependant que cet effet vienne de quelque propriété appartenante à la matiére du verre, tout dépend de la transparence & de la figure; & cela est si vrai, qu'une masse d'eau bien nette, que l'on fait geler dans un vase qui a la forme d'une demi-lentille, & que l'on expose un moment aux rayons du Soleil, après l'avoir détachée de son moule, occasionne comme le verre de notre


A
C
B
Fig. 10.
Fig. 11.

expérience, un foyer où l'on voit brûler le linge, le bois, &c. Je fais voir la même chose & en tout tems dans mes leçons publiques, avec une masse d'eau contenue dans une sorte de vaisseau de verre qui a la forme d'une grande lentille.

Ce n'est pas non plus de la matiére du miroir que dépend essentiellement le foyer brûlant dont nous avons vû les effets; c'est encore de la figure & du poli de la surface : rien ne le prouve mieux, que de mettre le feu, comme on le peut faire, aux corps combustibles, avec des miroirs de plâtre ou de carton doré. Il s'est trouvé même des gens assez oisifs & assez patiens pour en faire avec des lames de paille choisie, arrangées & proprement collées sur une surface sphérique concave, & avec cette paille ainsi disposée, on mettoit le feu à d'autre paille.

APPLICATIONS.

Il passe pour certain dans l'esprit de bien des gens qu'Archimédes mit le feu à la flotte des Romains, lorsqu'ils étoient devant Syracuse pour en faire le siége. Et plusieurs Historiens qui font mention de cet événement, disent que cela se fit par le moyen de

certains miroirs, qui placés sur les remparts de la Ville, réunissoient les rayons du Soleil en quelque endroit d'un vaisseau des Assiégeans; les Physiciens moins occupés de la vérité du fait (encore douteux par bien des raisons (*a*),) que de sa possibilité, se sont partagés de sentimens, parce qu'ils ont pris des idées différentes de la construction des miroirs, & de la distance à laquelle ils ont dû agir.

L'effet dont il est question, devient d'une difficulté qui le peut faire regarder comme impossible, si l'on suppose un miroir d'une seule surface, dont le foyer soit à un éloignement de six ou sept cens pieds, tel que pourroit bien être celui d'une flotte qui assiége une ville. Car alors il faudroit que le miroir fût d'une grandeur à laquelle l'art ne peut atteindre moralement parlant, & en voici la raison.

(*a*) Consultez sur ce sujet une Dissertation de M. Bulfinger, qui a pour titre *de Speculo Archimedis*; & le Mémoire de M. de Buffon, lû à la rentrée publique de l'Académie après Pâques 1747. *Mém. de l'Acad. des Sc. pour l'année* 1747.

Souvenons-nous de ce qui a été dit plus haut d'après M. Du-Fay, que tous les rayons du Soleil qui ſont réfléchis par un miroir plan, d'un pied en quarré, s'étendent & s'écartent tellement après la réflexion, qu'à ſix cens pieds de-là ils occupent un eſpace environ dix fois auſſi grand que le miroir. D'où il ſuit que dans un pied quarré de cette place illuminée par la lumiére réfléchie, il n'y a que la dixiéme partie des rayons qui ſont partis du miroir. Un thermométre y ſeroit donc dix fois moins échauffé, qu'il ne le ſeroit s'il étoit plongé dans ces mêmes rayons, à une petite diſtance du miroir, comme de ſept ou huit pieds, où l'image du Soleil réfléchie n'eſt point encore conſidérablement aggrandie.

Maintenant, conſidérons le miroir concave d'une ſeule ſurface, dont le foyer ſeroit à ſix cens pieds, comme diviſé en pluſieurs portions quarrées, ſembables au miroir plan, dont je viens de parler, (*a*) il faudroit qu'il

(*a*) Cette comparaiſon ne doit pas être priſe à la rigueur, puiſque chaque portion quarrée du miroir concave, ſeroit elle-même

en comprît dix pour rassembler à six cens pieds sur un espace d'un pied en quarré, autant de rayons qu'il en vient du Soleil sur un seul de ses quarrés, & par conséquent il seroit nécessaire de multiplier beaucoup le nombre des quarrés, ou (ce qui est la même chose) d'augmenter la grandeur du miroir plus qu'on ne peut espérer de le pouvoir faire; pour lui procurer un foyer brûlant à la distance dont il s'agit.

On pourroit donc regarder le fait d'Archimédes, non-seulement comme apocryphe, mais même comme impossible, si l'on avoit d'assez fortes raisons pour croire que la flotte des Romains ne s'approcha point des murs de Syracuse plus près que six cens pieds, & que ce grand Méchanicien n'eut en sa disposition qu'un miroir d'une seule piéce.

Mais rien n'oblige absolument à croire ni l'un ni l'autre; il paroît même

un petit miroir un peu concave, mais comme cette concavité seroit peu sensible, nous la comptons pour rien dans une explication qui ne doit servir qu'à f ire entendre ce que nous avons présentement en vûe.

par

par le témoignage de quelques Auteurs (*a*), que la flotte Romaine s'avança vers la Ville jusqu'à la portée d'un trait qui se lançoit avec la main : ce qui nous donne l'idée d'une distance bien au-dessous de six cens pieds, & l'on peut légitimement supposer que l'ingénieux Archimédes, dans une Ville riche & accommodée de tout point, s'est aidé de plusieurs miroirs, s'il n'a pû avec un seul remplir tout son dessein.

Au reste, en ne considérant que la possibilité du fait, nous pouvons assurer maintenant sur la foi de la théorie & de l'expérience, qu'avec des miroirs dont l'exécution n'est pas trop difficile, on peut faire un foyer brûlant qui atteigne plus loin que le javelot qu'on lançoit avec la main. Pour éviter les frais d'un grand miroir de métal, dont la matiére & les façons ne peuvent jamais être que d'un prix assez considérable, plusieurs Physiciens de ces derniers tems ont pris le parti d'en composer avec des morceaux de miroirs plans, attachés dans

(*a*) *Voyez le Mémoire de M. de Buffon, cité plus haut.*

une espéce de chassis, & arrangés de maniére qu'étant exposés au Soleil, ils réfléchissent tous vers le même endroit. M. de Buffon qui a beaucoup enchéri sur cette premiére ébauche, en a fait construire un derniérement, dont les effets ont agréablement surpris tous les curieux qui en ont été témoins. Ce miroir actuellement, brûle du bois à deux cens pieds, fond de l'étain à cent cinquante pieds, & du plomb à cent quarante (*a*), & son inventeur compte qu'il lui fera faire la même chose, à une distance encore plus grande.

Je dis son inventeur, car quoique M. de Buffon ne soit pas le premier qui ait fait des miroirs ardens de plusieurs piéces, le sien est tellement supérieur aux autres par la grandeur de ses effets, & par l'ordonnance de sa construction, qu'il mérite de passer pour

(*a*) M. de Buffon s'est aidé pour la construction de ce miroir, de M. Passement, dont les talens sont très-connus, sur-tout pour ce qui regarde les instrumens de dioptrique & de catoptrique, & en particulier pour les télescopes de réflexion, dont il a donné un Traité il y a quelques années.

l'Auteur de cette belle machine, comme Boyle passe pour être celui de la pompe pneumatique dans l'esprit de bien des gens, qui n'ignorent peut-être pas qu'il a été précédé en cela par Otto Guerik.

Une des perfections qu'on admire avec raison, dans le miroir dont je parle, c'est que son foyer peut se porter à différentes distances, chacune des petites glaces dont il est composé étant mobile, & pouvant se fixer aisément à différens degrés d'inclinaison, de sorte qu'avec les mêmes piéces on peut faire un miroir plus ou moins concave.

Puisque les rayons du Soleil, réfléchis même par des miroirs plans, ne perdent pas le pouvoir qu'ils ont d'échauffer les corps sur lesquels on les fait tomber, on doit s'attendre de voir augmenter la chaleur dans tous les endroits exposés à de pareilles réflexions, & pour cet effet il n'est pas besoin qu'il y ait de ces corps polis, que nous appellons communément *miroirs*. Presque toutes les surfaces réfléchissent la lumiére, sinon visiblement, du moins d'une maniére im-

perceptible, qui se fait sentir avec le tems. Ainsi une muraille, sur-tout si elle est blanche & unie, une chaîne de rochers, une montagne, & généralement tout corps solide opposé au Soleil, est capable d'en renvoyer les rayons, & de causer des augmentations de chaleur particuliéres à certains endroits, & qui ne tirent point à conséquence pour la température générale de l'atmosphére.

Les personnes qui tiennent un état des variations du froid & du chaud de chaque saison, en consultant tous les jours le thermométre à certaines heures, doivent donc examiner avec attention si le lieu où l'instrument est placé, ne reçoit pas de rayons du Soleil réfléchis par quelqu'édifice ou autrement; car comme cette cause accidentelle est variable, à cause des différentes hauteurs du Soleil, & par bien d'autres raisons, les observations sur lesquelles elle influeroit, ne manqueroient pas de se ressentir de ces irrégularités.

Quand les rayons réfléchis se mêlent à ceux qui viennent directement du Soleil, il en résulte une augmenta-

tion de chaleur bien plus ſenſible encore, & plus efficace. C'eſt pour cette raiſon ſans doute que les fruits qui viennent en eſpaliers, & que les légumes qu'on plante ou qu'on ſéme à l'abri d'une muraille expoſée au midi, ſon ordinairement plus hâtifs, & meuriſſent mieux que les autres; il y en a tels, qui ſans ce moyen ne parviendroient jamais à maturité dans certains climats.

Le voyageur trouve la chaleur en Eté moins ſupportable dans les lieux creux ou dans les vallées, que ſur les hauteurs; c'eſt que la maſſe de l'air qui y eſt échauffée comme par-tout ailleurs, par les rayons directs du Soleil, l'eſt encore par une infinité de réflexions, dont les effets ſont d'autant plus forts, que les côteaux ſont plus arides, plus remplis de rochers découverts, & oppoſés de plus près les uns aux autres.

Si le verre de la onziéme Expérience étoit beaucoup plus large, il recevroit & réuniroit à ſon foyer un plus grand nombre de rayons ſolaires; & puiſqu'une lentille de quelques pouces de diamétre, en raſſemble déja

assez pour brûler, quels effets ne devroit-on pas attendre d'un corps diaphane, qui avec cette figure lenticulaire, auroit un diamétre de trois ou quatre pieds? La chymie qui doit à l'action du feu presque tout ce qu'elle nous offre de curieux & d'utile, auroit lieu d'attendre de grands secours, & d'heureuses découvertes, si, à l'aide d'un pareil instrument, elle pouvoit substituer, en certaines occasions, le feu pur du Soleil, à celui de ses fourneaux, dont elle a, pour ainsi dire, épuisé le pouvoir.

Tels étoient les regrets & les désirs des Chymistes, lorsque M. Tschisnaussen, plus à portée que personne de les entendre, (car il étoit Allemand) produisit ces fameux verres ardens, dont les principaux effets sont décrits dans l'Histoire de l'Académie des Sciences 1699, p.90. & suiv. M. le Duc d'Orléans, Régent, plein de zèle pour le progrès des sciences & des arts, en acheta un dont il fit faire plusieurs épreuves en sa présence, & qui servit depuis en différens tems à Messieurs Homberg, Geofroy, &c. pour faire plusieurs expériences curieuses, dont

on trouve les résultats dans les Mémoires de l'Académie. * Ce verre est actuellement à Bercy dans le cabinet de M. le Comte d'Ons-en-Brai ; il est convexe des deux côtés, & est portion de deux sphéres, dont chacune auroit douze pieds de rayon ; il pése 160 livres ; & pour donner une idée de l'activité de son foyer, il suffira de dire ici, que l'or y fume, & se disperse en plusieurs petites goutes imperceptibles, qui sautent de tous côtés.

* 1702. p. 141. 1705. pag. 39. 1707. pag. 40. 1709. pag. 162. 1711. pag. 16.

Quoique ces sortes de miroirs transparens aient assez bien répondu à l'idée avantageuse qu'on s'en étoit faite d'avance, & que par leur moyen on puisse obtenir des effets qu'on ne peut pas se promettre avec un feu moins pur, avec notre feu commun, on peut les regarder cependant comme une ressource sur laquelle il n'y a guéres à compter pour des particuliers, tant à cause de la dépense qu'ils exigent, que par les difficultés qu'on trouve à les mettre en usage ; à peine trouve-t-on dans toute une année huit ou dix jours propres à ces sortes d'opérations, encore n'est-ce point dans l'Eté qu'il les faut choisir ; car

(ce qu'on n'auroit jamais voulû croire, si l'expérience ne l'avoit fait voir,) les grandes chaleurs nuisent considérablement à ces effets ; de plus on a toutes les peines imaginables à tenir au foyer les matiéres qu'on voudroit y travailler ; & enfin l'embarras de manier une pareille machine, ajoute beaucoup à la délicatesse des Manipulations, qui exige souvent une industrie peu commune de la part de l'Artiste.

Le frottement ou les coups redoublés, la fermentation & l'effervescence, la réunion des rayons solaires, voilà donc les principaux moyens par lesquels nous voyons commencer l'embrasement ou l'inflammation des matiéres combustibles. Nous allons voir dans la Leçon qui suit, comment ce feu, une fois excité, exerce son action sur les autres corps, à quoi l'on peut réduire ses principaux effets, & de quelle maniére on peut les entretenir, les augmenter, les modérer & les faire cesser.

XIV. LEÇON.

Suite des propriétés du Feu.

III. SECTION.

Des effets du Feu.

TOUS les effets du feu, quoiqu'ils nous paroiſſent extrêmement variés & multipliés, peuvent ſe rapporter à ces deux chefs. 1°. *Luire* ou *éclairer*. 2°. *Raréfier les corps*, c'eſt-à-dire, étendre dans un plus grand eſpace les parties qui les compoſent, en diminuer ou en faire ceſſer l'union & la cohérence. De ces deux effets principaux je ne veux développer ici que le dernier, l'autre appartenant à la lumiére, dont je dois traiter dans le cinquiéme volume. Je me propoſe donc de ſuivre l'action du feu ſur différentes matiéres, de faire remarquer les divers changemens qui ont coutume d'en ré-

ſulter, ſelon la nature du corps qui s'échauffe ou qui s'embraſe.

Ces deux cauſes combinées, je veux dire, le degré de chaleur & le choix de la matiére que l'on chauffe, nous font voir dans les effets du feu, des variétés ſi conſidérables, qu'un eſprit peu circonſpect pourroit croire que la nature opére les contraires par la même voie. On amollit certains corps au même feu qui en durcit d'autres; dans le même fourneau l'on voit couler telles & telles matiéres, où d'autres qui étoient molles ſe durciſſent. Ce qui devient liquide par un certain degré de chaleur, s'épaiſſit juſqu'à être un corps dur quand on le chauffe davantage. Un métal ſe purifie au feu, tandis qu'un autre s'y altére, &c.

Ces changemens ſi différens entre eux, commencent tous, ou ſont précédés par un premier effet qui eſt commun à tous les degrés de chaleur, & à toutes les eſpéces de matiéres ſur leſquelles on fait agir le feu. Avant tout autre changement, le corps chauffé ſe dilate, ſa maſſe ſe raréfie, ſon volume augmente, & cela eſt ſi géné-

ral, que le pouvoir de pénétrer & de raréfier tout, peut être regardé comme le caractère distinctif du feu ; nous voyons bien des matiéres qui en pénétrent d'autres, & qui les dilatent ; mais je ne connois que le feu qui s'insinue sans exception dans tous les corps, qui rende leur matiére plus rare, & qui désunisse nécessairement leurs parties. Etablissons ceci sur des expériences bien décisives, & pour faire voir combien cette vérité a d'étendue, chauffons des liquides & des solides, & parmi ceux-ci choisissons par préférence les corps les plus compacts, les plus durs, & ceux dont les parties ont le plus de roideur ; le verre, par exemple, & les métaux, afin que le Lecteur voyant la dilatation bien prouvée dans les espéces qui semblent les moins dilatables, soit comme forcé de la conclure *à fortiori* pour toutes les autres.



PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

A Fig. 1. eſt un vaiſſeau de verre formé d'une boule creuſe de la groſſeur d'une orange, ou à peu près, & d'un tube long de douze ou quinze pouces, dont le diamétre intérieur n'a guéres qu'une ligne : ce vaiſſeau eſt rempli d'eau colorée juſques en *a*, où l'on met une marque avec un fil noué ou autrement, mais toujours de maniére qu'on puiſſe la changer de place. Si l'on tient d'une main cet inſtrument, qui reſſemble aſſez à un gros thermométre, & qu'on en plonge la boule pendant quelques inſtans, dans un vaſe rempli d'eau prête à bouillir; on apperçoit ce qui ſuit.

EFFETS.

Pendant l'immerſion de la boule, on voit la liqueur du tube deſcendre précipitamment de huit ou dix lignes, & quelquefois davantage au-deſſous de la marque qui eſt en *a*, & remonter enſuite un peu plus haut que cet

endroit, dès qu'on a ôté la boule de l'eau chaude.

Si l'on remet la marque où la liqueur a cessé de monter, & qu'on replonge la boule, on apperçoit encore le même effet, & ainsi plusieurs fois de suite.

Mais les dernieres immersions font moins descendre la liqueur que les premieres, & cette liqueur, en remontant, excéde la marque d'autant plus que la boule a été plongée un plus grand nombre de fois, ou que ses immersions ont été d'une plus longue durée.

EXPLICATIONS.

Quand un corps chaud en touche un autre qui l'est moins, il lui communique de sa chaleur suivant de certaines proportions, dont j'aurai occasion de parler dans la suite; c'est-à-dire, que le feu ou son action passe de l'un à l'autre, & continueroit d'y passer, s'il y avoit assez de tems, jusqu'à ce que les deux corps unis, l'un en se refroidissant, l'autre en s'échauffant, eussent acquis une température commune & nouvelle pour tous les deux.

Ainsi le feu qui est dans l'eau du vase *B*, pénétrant l'épaisseur de la boule de verre, qu'on y plonge, en écarte les parties, & augmente par cet effet sa capacité : la boule devenue plus grande reçoit une portion de la liqueur qui est dans le tube, ce qui ne peut manquer de causer un vuide au-dessous de la marque *a*.

Mais aussi-tôt que cette boule est sortie de l'eau chaude, elle est bientôt refroidie, tant par l'air qui la touche extérieurement, que par l'eau qu'elle contient, & qui n'a pas eû le tems de s'échauffer comme elle. Ses parties se rapprochent donc, elle reprend à peu près sa premiere capacité, & ne pouvant plus contenir la portion de liqueur qui étoit descendue du tube, elle doit l'obliger à remonter vers *a*.

La liqueur y remonte en effet, & même un peu plus haut, non pas que la boule soit devenue plus petite qu'elle n'étoit avant son immersion, mais parce que l'eau qu'elle contient a reçû un peu de la chaleur du verre, & que cette eau étant elle-même susceptible de dilatation, comme je le

prouverai, ſon volume en eſt un peu augmenté.

Cette aſcenſion de la liqueur dans le tube, au-deſſus de la marque, donne un nouveau degré de force à la preuve que je tire de la dépreſſion qui a précédé; car puiſque la chaleur, bien loin de diminuer le volume de l'eau qui eſt dans la boule (ſi quelqu'un vouloit le croire) eſt capable au contraire de le dilater & de l'étendre, il n'eſt pas poſſible d'attribuer à une autre cauſe qu'à l'aggrandiſſement du verre, cet abbaiſſement de la liqueur qu'on apperçoit d'abord dans le tube.

Après que le verre eſt refroidi, s'il eſt replongé une ſeconde ou une troiſiéme fois dans l'eau chaude; il s'y dilate de nouveau, & l'on voit recommencer tout ce qui dépend de cette dilatation; nouvel aggrandiſſement de la boule, nouvel abbaiſſement de la liqueur dans le tube.

Mais comme les immerſions multipliées donnent lieu à la chaleur de ſe communiquer aſſez ſenſiblement à l'eau colorée de la boule, cette liqueur raréfiée elle-même, augmente

un peu de volume, & ne laiſſe pas dans le verre qui s'aggrandit, autant de vuide qu'elle en laiſſeroit, ſi elle reſtoit froide, d'où il arrive que la boule ſe remplit, d'autant moins aux dépens de la liqueur qui eſt dans le tube: la même choſe arrive, & par les mêmes raiſons, ſi la boule, au lieu d'être plongée un grand nombre de fois de ſuite, l'eſt ſeulement une fois ou deux pendant un certain eſpace de tems.

APPLICATIONS.

Lorſque je plonge dans l'eau chaude, l'inſtrument dont je viens de parler, la plûpart des perſonnes qui me voyent faire cette expérience, s'imaginent toujours que la boule va être briſée par l'action ſubite du feu qu'elle éprouve: elle le ſeroit en effet, ſi le verre n'étoit pas fort mince, ou ſi la chaleur ne l'attaquoit que par un endroit ſeulement; car les parties ignées qui font effort pour le pénétrer, dilatant fortement ſa ſurface extérieure, avant que celle du dedans puiſſe être étendue proportionnellement, ne manqueroient pas d'occaſionner une

ſolution de continuité. C'eſt ce qu'on voit arriver tous les jours aux caraffes ou autres vaiſſeaux de verre épais, qu'on expoſe bruſquement à un grand feu, ou aux gobelets & aux pôts de criſtal ou de fayance, qu'on emplit ſans précautions d'une liqueur très-chaude.

Mais ſi tous ces vaiſſeaux ſont bien minces, & que le degré de chaleur auquel on les expoſe, ſe partage également, & en même-tems à toute leur ſurface, il arrive rarement qu'ils ſe caſſent, parce que toutes les parties ſe prêtent comme de concert à l'action du feu, & qu'en s'écartant un peu les unes des autres, pour donner paſſage à cet élément, elles conſervent entr'elles le même ordre qu'elles ont coutume d'avoir.

Ce n'eſt pas qu'on ne puiſſe bien auſſi donner un grand degré de chaleur à un vaſe de verre épais ſans le caſſer; ces mêmes caraffes qu'on voit ſe fendre au feu, quand on les en approche ſans précaution, on peut les y tenir, lorſquelles ſont mieux ménagées juſqu'à faire bouillir l'eau qu'elles contiennent: il ne s'agit que

de les chauffer par degrés, & lentement, afin que la matiére du feu les puiſſe pénétrer peu à peu, & en dilater les pores ſans interrompre entiérement l'union des parties. C'eſt ainſi qu'on préſerve de fracture le gobelet ou la taſſe qu'on veut remplir d'une liqueur bouillante, en l'échaudant d'abord par la vapeur, ou par quelques goutes de cette liqueur qu'on y fait couler & qu'on remue.

Au reſte, ſi ces vaiſſeaux fragiles dans leſquels on peut impunément faire bouillir de l'eau avec la précaution dont je viens de parler, ne ſont pas toujours pleins; on court grand riſque de les voir ſe fendre quand on viendra à les remuer; & en voici la raiſon. La partie vuide s'échauffe beaucoup plus que celle qui eſt pleine, ſi l'eau en balançant vient à la toucher; cette eau fût-elle bouillante, elle refroidira promptement l'endroit du verre qui en ſera mouillé; & alors la ſurface intérieure, dont les parties ſe condenſent & ſe rapprochent, n'étant plus étendue d'une maniére proportionnée aux autres couches,

qui forment l'épaiſſeur du verre, il arrivera entr'elles quelque déſordre qui ſe manifeſtera par une ou pluſieurs félures.

Un émailleur peu expérimenté qui chauffe un tube de verre fort épais au feu de ſa lampe, eſt tout étonné de le voir ſe briſer avec éclat, dès qu'il a reçû un certain degré de chaleur; il doit s'en prendre à l'une des deux cauſes dont je viens de parler; ou il a chauffé bruſquement un verre épais qu'il devoit ménager davantage, ou ce verre creux contenoit un air humide qui n'a point permis à la ſurface intérieure de recevoir une chaleur égale à celle qu'on lui donnoit par dehors. Il ſuffit d'apprendre à cet Artiſte qu'un tuyau de verre qui eſt humide par dedans, ſoit pour avoir été mouillé, ſoit pour avoir ſeulement ſervi de canal pendant un certain tems à l'air de l'atmoſphere, ne ſe ſéche que très-difficilement; car d'ailleurs il n'ignore pas que la plus petite goute d'eau fait caſſer le verre ou l'émail qui eſt chaud : ſa pince légérement humectée de ſalive lui ſert

tous les jours à couper, ou à détacher les piéces qu'il vient de travailler.

C'eſt peut-être de-là qu'eſt venue cette maniére de couper le verre avec le feu & l'eau, que des gens oiſifs & adroits ſçavent ſi bien ménager, qu'ils viennent à bout de faire d'un verre à boire une eſpéce de ruban tourné en forme d'hélice, dont les circonvolutions ſe ſéparent & ſe rejoignent à l'aide du reſſort de la matiére : *voyez la Fig.* 2. Ces découpures ſe font par le moyen d'une méche ſoufrée, qui ne chauffe le verre que dans une ligne, ou dans un eſpace fort étroit, que l'on refroidit auſſi-tôt avec une plume ou un petit bâton mouillé, & même quand la premiére félure paroît, ceux qui ont un peu d'habitude la conduiſent preſque toujours où ils veulent avec un fer chaud, ou avec un petit charbon allumé. Pour moi quand j'ai de gros tuyaux ou des cols de ballons à couper, je commence par entammer le verre avec l'angle ou le tranchant d'une lime, & enſuite avec un morceau de fer anguleux que je fais rougir, & que j'y applique, je

réussis assez bien à faire fendre la piéce, suivant la ligne que j'ai tracée.

La vaisselle de fayance ou celle de terre vernissée se fend aussi au grand feu, quand on l'y expose précipitamment, non pas tant par elle-même, peut-être, que par la couche d'émail ou de matiére vitrifiée, dont elle est couverte & colorée : car si cet enduit est d'une certaine épaisseur, l'action d'un feu trop violent le fait fendre, & les parties en se quittant peuvent déterminer celles de la terre cuite, auxquelles elles sont unies, à se séparer de même. Ce qui me feroit penser ainsi, c'est que la fayance qu'on fait pour aller au feu, est émaillée plus légérement que d'autre, & qu'elle n'est bien à l'épreuve d'une grande chaleur, que quand son enduit est entr'ouvert par une infinité de petites félures, qui donnent lieu aux parties ignées de se partager & de pénétrer la terre par un plus grand nombre d'endroits. Je sçais bien aussi que la terre même en est préparée autrement que celle de la fayance commune, qu'elle est plus légére, plus poreuse, & mieux maniée : ce que je remar-

que à l'égard de l'émail qui la recouvre, je ne prétends le citer que comme une cause seconde ou subalterne de la qualité qu'elle a de résister au feu.

De toutes les matiéres fragiles dont on fait des vaisseaux, il n'en est pas qui soutiennent mieux l'action subite du feu que la porcelaine ; rien ne le prouve mieux que l'usage des tasses dans lesquelles nous voyons tous les jours verser du thé, ou du caffé presque bouillant. Si la porcelaine étoit aussi commune que le verre, il seroit très-commode de pouvoir la lui préférer dans bien des occasions, sur-tout dans les laboratoires de Chymie, où les matiéres que l'on traite sont souvent de nature, à ne pouvoir pas être mises dans du métal, & quelquefois encore moins propres à être chauffées dans de la terre cuite, trop poreuse ou incapable de soutenir un grand degré de feu. Un Artiste intelligent qui sentira ce besoin, pourra se procurer des vaisseaux de porcelaine, sans qu'il lui en coûte presqu'autre chose, que le verre même dont il appréhende de se servir. En profitant d'une découverte que nous devons à M. de

Reaumur *, il n'aura qu'à remplir de plâtre paſſé au tamis le vaiſſeau qu'il aura deſſein de convertir en porcelaine, & le porter au four d'un potier en terre, il l'en retirera tel qu'il le deſire, c'eſt-à-dire, tout ſemblable à la vraie porcelaine, à demi tranſparent comme elle, capable d'être chauffé bruſquement & de ſoutenir un très-grand feu ſans ſe caſſer. (*a*)

* *Mém. de l'Acad. des Sciences.* 1739. *pag.* 370.

A l'égard du changement de capacité qui arrive aux vaiſſeaux que l'on chauffe, ſoit extérieurement, ſoit intérieurement ; il faut remarquer que la dilatation de la matiére, qui en eſt la cauſe, pourroit ſe faire de façon qu'elle eût un effet tout contraire à celui de notre expérience. Si la boule que j'ai plongée, par exemple, au

(*a*) Si quelqu'un veut faire uſage de ce que j'indique ici, il convient qu'il conſulte le Mémoire même de M. de Reaumur, pour ſe mettre au fait de certaines pratiques dont le détail ne peut être placé ici. Il y en a deux ſur-tout qu'il ne faut pas négliger ; la premiére eſt le choix du verre : le plus commun, celui qui eſt brun ou jaunâtre, réuſſit mieux que le plus blanc : La ſeconde eſt de mêler du ſablon avec le plâtre, à peu près à quantités égales pour le raréfier.

lieu d'être réguliérement ronde, avoit des enfoncemens ſemblables à celui qu'on fait communément au cul des bouteilles à vin ; ces parties enfoncées, en ſe dilatant, porteroient leur augmentation de volume contre la liqueur contenue dans le vaiſſeau, & ne manqueroient pas de la faire monter vers l'orifice, à moins que l'aggrandiſſement des autres parties qui ſe fait en ſens contraire, ne rendît cet effet inſenſible, ou par excès ou par compenſation.

On ſera pleinement convaincu de la juſteſſe de cette remarque, ſi l'on remplit d'eau une bouteille mince, qui ait le cul bien renfoncé, & dont on ait prolongé le col avec un petit tuyau recourbé & maſtiqué avec de la cire molle, ou autrement, *Fig.* 3. Car ſi l'on verſe de l'eau preſque bouillante en *C*, on verra la liqueur monter dans le tube avec autant de promptitude qu'on l'a vû deſcendre, lorſque j'ai plongé dans l'eau chaude, la boule de l'inſtrument repréſenté par la *Fig.* 1. Et ſi l'on s'imaginoit que cet effet vient de ce que l'eau de la bouteille s'eſt raréfiée par le degré de chaleur

chaleur qu'elle a pû recevoir, il ſuffira de renverſer l'eau qui eſt en *C*, pour voir que ce ſoupçon porte à faux; car dans l'inſtant même, on verra la liqueur deſcendre dans le tube, à peu près à l'endroit d'où elle étoit partie pour s'élever : un effet auſſi prompt ne peut légitimement s'attribuer au refroidiſſement de l'eau qui eſt dans la bouteille.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

La *Fig.* 4. repréſente un inſtrument qui ſe nomme *pyrométre*, parce qu'on s'en ſert pour meſurer en quelque façon l'action du feu. Il eſt composé premiérement d'une lampe à l'eſprit-de-vin *D d*, garnie de pluſieurs petites mêches de coton, ſemblables entr'elles pour la groſſeur & pour la longueur. Secondement, de pluſieurs leviers renfermés dans une boîte cylindrique de verre *E F*, & qui ſe correſpondent, de maniére que recevant le mouvement de la piéce *G*, ils le tranſmettent par le moyen d'une portion de roue dentée ou *rateau*, & par

un pignon, a une aiguille *Hh*, qui parcourt horizontalement un cercle divisé en deux cens parties égales. Les bras de ces mêmes leviers & le rayon du rateau avec le pignon qu'il méne, sont tellement proportionnés, que la piéce *G*, avançant d'un quart de ligne fait faire à l'aiguille un tour entier ; & comme la circonférence du cercle qu'elle parcourt a deux cens degrés, dont chacun est assez grand pour être divisé en deux par le coup d'œil d'un Observateur un peu attentif ; il est évident que la piéce *G*, ne peut s'avancer de la seize centiéme partie d'une ligne qu'on ne s'en apperçoive par le mouvement de l'aiguille.

Un tiroir pratiqué dans le pied de cet instrument contient des cylindres de différens métaux, tous égaux en longueur, & dont on a rendu la grosseur égale en les faisant passer par la même filiére (*a*) : chacun est terminé d'un côté par une vis qui s'ajuste à la piéce *G*, tandis que l'au-

(*a*) Les cylindres dont je me sers ont tous exactement la même longueur, qui est d'environ six pouces, & le même diametre qui est de trois lignes.

tre bout eſt arrêté & ſoutenu par le pilier *I*, comme on le peut voir par la *Fig.* 4.

On place ainſi ſucceſſivement le cylindre de fer, & celui de cuivre jaune; on allume toutes les méches à la fois (*a*), & l'on compte par le moyen d'une montre, ou d'une pendule à ſecondes, combien l'aiguille parcourt de degrés dans un tems donné.

EFFETS.

Dans l'inſtant même que la flamme des méches commence à agir ſur le métal, on voit l'aiguille ſe mettre en mouvement, & parcourir les degrés avec une telle vîteſſe, que dans l'eſpace d'une demi-minute on en compte environ 580, ſi l'on fait l'expérience avec le cylindre de fer; & 960, ſi c'eſt avec celui de cuivre jaune, ce qui eſt à peu près dans le rapport de 3 à 5. (*b*)

(*a*) Avec un petit morceau de papier allumé qu'on paſſe très-rapidement, toutes les méches déja humectées d'eſprit-de-vin s'allument en moins d'une ſeconde.

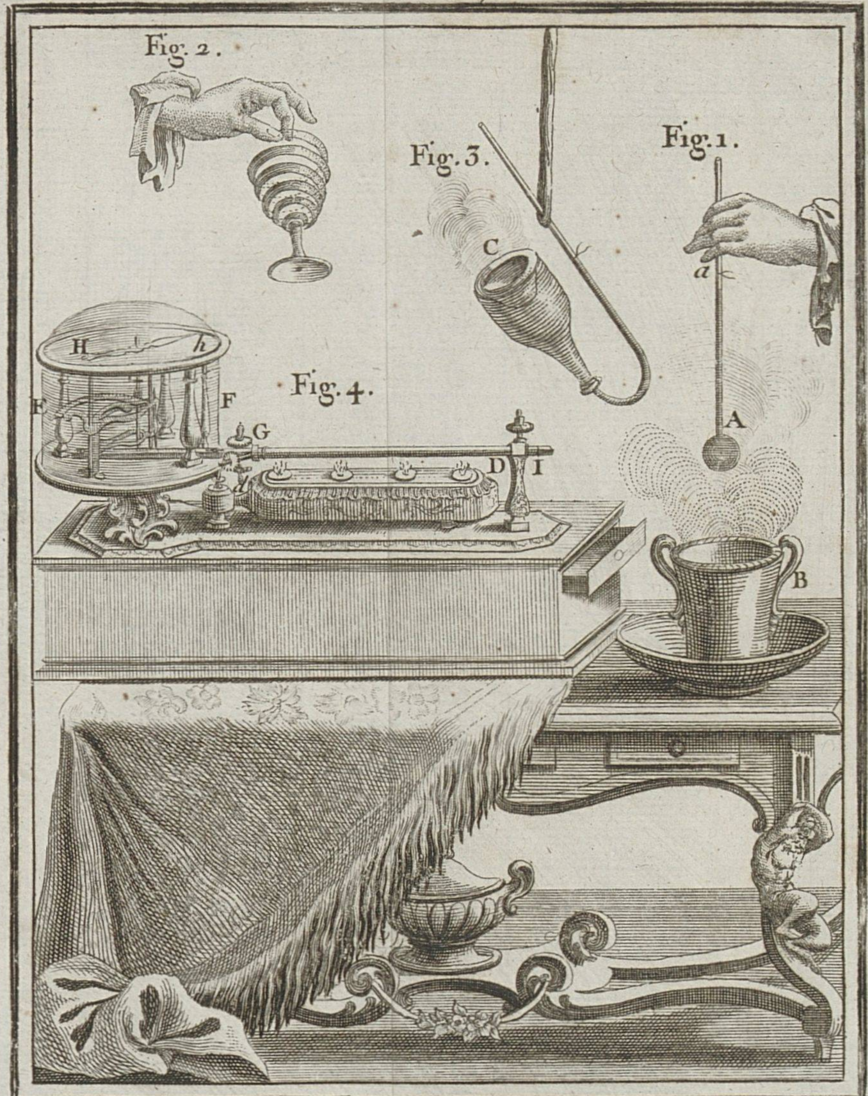
(*b*) Je m'exprime ici en nombre rond, & je ne prétends point fixer avec préciſion les dilatations reſpectives des métaux; cela dépend

Si l'on éteint les méches de la lampe, aussi tôt on voit rétrograder l'aiguille, & parcourir en sens contraire tout le chemin qu'elle avoit fait précédemment : cette rétrogradation se fait d'abord avec assez de vîtesse, mais ensuite elle se ralentit & devient si peu sensible sur la fin, qu'elle ne s'achéve qu'au bout d'un tems assez considérable, & plus ou moins long, suivant la température du lieu où se fait l'expérience.

EXPLICATION.

Les métaux, même les plus compacts & les plus durs, sont poreux ; leur porosité est telle que certaines liqueurs les pénétrent & les dissolvent. Le feu qui coule des méches allumées

d'une suite très-nombreuse d'expériences délicates, qui ne peuvent entrer dans un Ouvrage élémentaire, tel que celui-ci. Le Lecteur curieux de s'instruire sur ce sujet d'une maniére plus étendue & plus approfondie, pourra consulter les Commentaires de M. Muschenbroek sur les Expériences de l'Académie, *del-Cimento*, *Tom.* 2, *pag.* 12. *& seq.* il y trouvera un long & curieux détail d'épreuves faites avec le *pyrometre*, dont ce Sçavant est le premier Auteur.


Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 1.
C
a
H
h
Fig. 4.
E
F
G
A
D
I
d
B

eſt un fluide plus ſubtil & plus pénétrant que toutes les liqueurs que l'on connoiſſe : il s'inſinue donc dans les cylindres de fer & de cuivre de notre expérience, & met en action les parties de feu qui ſont logées naturellement entre les parties propres du métal ; & par ces deux cauſes, je veux dire, par l'introduction d'un feu étranger, & par l'expanſion de celui qui appartient au métal, les cylindres dont il eſt queſtion, doivent ſe dilater & s'étendre dans toutes leurs dimenſions.

Mais comme il y a plus de parties dilatées ſur la longueur que ſur le diamétre, l'allongement doit ſe faire mieux ſentir que l'augmentation de groſſeur : c'eſt pourquoi l'on attache d'une maniére fixe le cylindre par une de ſes extrêmités en *D*, afin que toute la quantité dont il s'allonge ſe porte contre la piéce *G*, à laquelle il eſt joint par l'autre bout ; ainſi les deux mouvemens en avant & en arriére de la piéce *G* ſont des effets néceſſaires, & des preuves inconteſtables de l'allongement du cylindre chauffé, & du raccourciſſement qu'il ſouffre en ſe refroidiſſant.

Si tous les métaux ne se dilatent pas également au même degré de feu, & dans le même espace de tems; il en faut chercher la cause dans leurs différentes densités, dans la liaison & la tenacité plus ou moins grande de leurs parties, dans la dose plus ou moins forte des parties inflammables que la Nature a mêlées avec leurs autres principes, dans la différente distribution de leurs pores, &c. toutes recherches extrêmement délicates & compliquées, que l'on n'a pas encore beaucoup approfondies.

Dès que les méches de la lampe sont éteintes, le feu qui est entré dans le métal s'évapore au-dehors, & l'action de celui qui reste n'étant plus entretenue, se ralentit peu-à-peu, ce qui donne lieu aux parties du métal de se rapprocher, & au cylindre qui se refroidit, de reprendre sa premiére grandeur.

Cela se fait d'abord assez promptement, parce que le métal encore dilaté, laisse échapper plus librement les parties surabondantes de feu dont il est pénétré, & que l'air environnant, considérablement moins chaud

que lui, les reçoit & les abſorbe, pour ainſi dire, avec avidité; & enſuite, parce que ces raiſons ne ſubſiſtent plus, les derniers degrés de refroidiſſement & de condenſation, ne s'achévent qu'avec beaucoup de lenteur.

APPLICATIONS.

Ce que nous voyons ſe faire ici par le feu d'une lampe appliqué à des petits cylindres de fer & de cuivre, arrive de même, proportion gardée, à tous les métaux qui s'échauffent, de quelque maniére que ce ſoit. La lame d'une ſcie qui n'a point aſſez de *voie*, (*a*) s'épaiſſit dans les corps durs par la chaleur que lui donne le frottement, & fatigue beaucoup la perſonne qui s'en ſert. Il en eſt de même des forets, des vilebrequins & autres outils, qui s'échauffent en travaillant, & qui ſe trouvent engagés dans des matiéres qui ont peine à céder à l'augmentation

(*a*) On donne de la *voie* à une ſcie, en écartant un peu les dents de part & d'autre, du plan de la lame; ou bien on prépare cette lame de façon qu'elle ſoit plus épaiſſe du côté de la denture, que dans le reſte de ſa largeur.

de leur volume, ou qui ſe gonflent auſſi par la même cauſe.

Tout métal expoſé à l'ardeur du Soleil, doit donc s'étendre, & nous avons une preuve bien ſenſible de cet effet à la machine de Marly, où le mouvement des pompes qui ſont établies ſur la montagne, vient de la riviére, & ſe communique par des barres de fer aſſemblées à fourchettes, & ſoutenues d'eſpace en eſpace par des leviers qui ſont mobiles ſur une de leurs extrêmités; toutes ces barres, depuis le plus grand froid de l'Hiver, juſqu'au plus grand chaud de l'Eté, varient tellement de longueur, qu'on a été obligé de faire pluſieurs trous à l'endroit de leur jonction, pour être en état d'allonger, ou d'accourcir la chaîne qu'elles forment par leur aſſemblage, en faiſant entrer plus ou moins le bout d'une barre dans la fourchette de l'autre, où elle s'arrête avec une cheville. Quand une barre de fer de ſix pieds ne s'allongeroit que de deux tiers de ligne du grand froid au grand chaud; ſur cent toiſes, ce ſeroit plus de ſix pouces d'allongement, * & en voilà aſſez pour faire ſentir combien le

* Hiſt. de l'Académ. 1689. p. 61.

le jeu des pistons seroit dérangé, si cette longue chaîne qui leur communique le mouvement, souffroit, sans corrections, les changemens que les différentes températures y peuvent causer.

Les horloges de clocher, & généralement toutes les machines, qui ne sont point, ou qui ne sont qu'imparfaiment à couvert de la grande ardeur du Soleil, doivent nécessairement s'en ressentir, par rapport à la liberté de leurs mouvemens; les tiges s'allongent, & font porter les épaulemens; les pivots grossissent & sont plus serrés dans leurs trous, les diamétres des roues croissent & les dents prennent plus d'engrenage. Il est vrai que le basti ou la cage qui renferme & qui soutient toutes ces piéces, s'aggrandit aussi dans toutes ses dimensions; mais s'il peut en naître quelques compensations qui conservent les rapports entre certaines parties, il est possible aussi que ces effets aillent à contre-sens pour d'autres qui en sont considérablement dérangées. Qui sçait même si la chaleur du gousset n'est pas capable

de changer quelque chose à la marche d'une bonne montre, par le seul changement qu'elle peut causer aux dimensions des piéces dont la justesse est si précise.

Ce que je dis par forme de soupçon à l'égard d'une montre, je le puis assurer très positivement pour les pendules ou horloges, dont la marche est réglée par les oscillations d'un corps grave, suspendu par une verge de métal. En parlant de cette espéce de mouvement, & de l'application qui en a été faite par M. Huyghens, * j'ai remarqué, qu'après avoir trouvé le moyen de rendre la durée des oscillations uniforme & constante par la nature de la courbe qu'elles décrivent, on avoit encore à craindre que cet isochronisme ne fût troublé par les changemens que le chaud & le froid pourroient causer à la longueur de la verge du pendule. En effet cette verge étant de métal, & par conséquent susceptible de condensation & de dilatation, comme l'expérience précédente le fait voir, on peut s'attendre que dans les tems ou dans les lieux chauds elle

* *Tom. II. pag. 207. & seqq.*

s'allongera, & qu'au contraire elle diminuera de longueur, lorſqu'elle viendra à ſe refroidir. (*a*)

On a penſé qu'on pourroit remédier à cet inconvénient, en oppoſant à elle-même la cauſe phyſique d'où il procéde; c'eſt-à-dire, en faiſant en ſorte, que la même chaleur qui fait allonger la verge du pendule, fît auſſi remonter d'autant le centre du corps grave, ou deſcendre ſur la même verge le point fixe autour duquel ſe font les oſcillations.

M. Graham (*b*) me paroît être le premier à qui cette idée ſe ſoit offerte, & qui ait commencé à la mettre en exécution. Au lieu d'attacher au bout de la verge une boule ou une lentille ſolide, comme on a coutume de faire, il y mit pour corps grave une boëte ou vaſe cylindrique qu'il remplit preſqu'entiérement de mercure; & voici quel étoit ſon raiſonnement.* « Si d'une ſaiſon à l'autre, dit-il, la tempéra-

* *Tranſactions Philoſophiques*, 1726. *No.* 392. *art.* 4.

(*a*) Il faut voir à l'endroit cité ci-deſſus, comment la longueur du pendule influe ſur la durée de ſes oſcillations.

(*b*) Fameux Horloger de Londres, & Membre de la Société Royale.

» ture varie assez pour faire changer
» sensiblement la longueur de la verge
» du pendule, la même cause ne peut
» manquer d'augmenter ou de dimi-
» nuer la hauteur du cylindre de mer-
» cure, en le dilatant ou en le conden-
» sant, elle fera donc monter ou des-
» cendre le centre d'oscillation qui est
» nécessairement dans cette masse flui-
» de. » En supposant, par exemple, que la verge allongée par la chaleur, fasse reculer le point *B* du point *A*, *fig.* 5, d'un quart de ligne, si le mercure échauffé au même degré, se dilate de maniére que le point *B*, centre de gravité, ou plutôt d'oscillation, remonte précisément d'un quart de ligne, ces deux effets entretiendront toujours la même distance entre *A*, centre du mouvement, & *B*, centre d'oscillation, ce qui suffit pour conserver l'isochronisme du mouvement. Il ne s'agit donc plus que de mettre en proportion convenable ces deux effets qui vont en sens contraire, & cela dépend de la hauteur qu'on donnera au cylindre de mercure; car plus il sera long, plus son centre de gravité, ou tout autre point pris dans sa masse, fera

de chemin, ſoit en montant, s'il y a raréfaction, ſoit en deſcendant, s'il y a condenſation.

Depuis cette invention propoſée par M. Graham, d'autres perſonnes ont imaginé & mis en pratique des moyens encore plus commodes pour arriver aux mêmes fins que cet habile & ſçavant Artiſte avoit en vûe, je veux dire, pour faire en ſorte que ce qui fait changer la longueur de la verge du pendule, fît en même tems & proportionnellement varier en ſens contraire la hauteur du corps grave, dans lequel ſe trouve le centre d'oſcillation. En 1738 M. Julien le Roy, à Paris, & M. Ellicot, à Londres, profitant du réſultat de notre expérience, par laquelle on ſçavoit déja que le fer & le cuivre jaune échauffés au même degré, ſe dilatent dans des proportions qui ſont entr'elles, à peu près comme trois à cinq, employerent fort ingénieuſement, quoique par différens procédés, l'excès de l'allongement du laiton, pour remédier à celui du fer, dont on fait communément (*a*) la verge du pendule.

(*a*) Si on ne le fait pas, on doit le faire,

Le premier termine la verge de ſon pendule qui eſt de fer, par un petit chaſſis *AB*, *fig.* 6, compoſé par en haut & par en bas, de deux traverſes de cuivre inflexibles, & pour les montans, de deux lames de reſſort, très-minces ; ces deux lames entrent, & n'ont que le jeu qu'il leur faut, pour monter & deſcendre, en gliſſant dans une piéce fendue *CD*, qui eſt bien ſolide, & fixée au corps de l'horloge. Le tout eſt ſuſpendu par une verge de fer *ef*, attachée à la partie ſupérieure d'un tuyau de laton, qui eſt repréſenté ouvert en partie, & qui repoſe ſur la piéce *CD*.

Lorſque la chaleur dilate les deux verges de fer *fe*, *bg*, qu'on doit conſidérer comme n'en faiſant qu'une, parce qu'elles ſont jointes par le chaſſis *AB*, elle tend à faire deſcendre la lentille, & à l'éloigner de la piéce *CD*, où eſt le centre du mouvement, ce qui rendroit le pendule plus long qu'il n'eſt ; mais cette même chaleur agit ſur le tuyau de cuivre, au bout duquel eſt le point de ſuſpenſion ; &

plutôt que d'employer de l'acier, qui ſe dilate davantage.

comme ſon allongement ſe fait de bas en haut, il tend à faire remonter la lentille; ſi la longueur de ce tuyau eſt à celle qui eſt compriſe entre *fg*, comme la dilatation du fer, eſt à celle du cuivre, c'eſt-à-dire, dans le rapport de trois à cinq, ſon allongement de bas en haut, doit égaler celui des deux verges de fer qui ſe fait de haut en bas, & par cette compenſation la diſtance eſt toujours la même entre le centre d'oſcillation *g* & celui du mouvement *D*.

M. Ellicot fait la verge de ſon pendule d'une piéce de fer plate & ouverte en forme de fourchette depuis la moitié ou les deux tiers de ſa longueur juſqu'en bas, *fig.* 7. Il remplit le vuide que forme cette fourchette, par une lame de laton *i k*, qui, lorſqu'elle vient à s'allonger par la chaleur, doit excéder de $\frac{2}{5}$ l'allongement que la même chaleur fait prendre aux deux parties de la fourchette entre leſquelles elle eſt placée. Il emploie cet excès pour faire mouvoir deux petits leviers *l m*, *l n*, qui ont leur centre de mouvement en *o* & en *p*, & par ce moyen les deux bras *m*, *n*, ſoulevent deux chevil-

les ou deux vis *q*, *r*, par lesquelles ils portent le corps grave, qui est ici une boule représentée par sa coupe diamétrale ; ainsi le centre d'oscillation tend à remonter par la même cause qui feroit allonger la verge, & comme les vis *q*, *r*, peuvent avancer plus ou moins sur les bras des leviers *m*, *n*, on peut proportionner à son gré ces deux effets entr'eux.

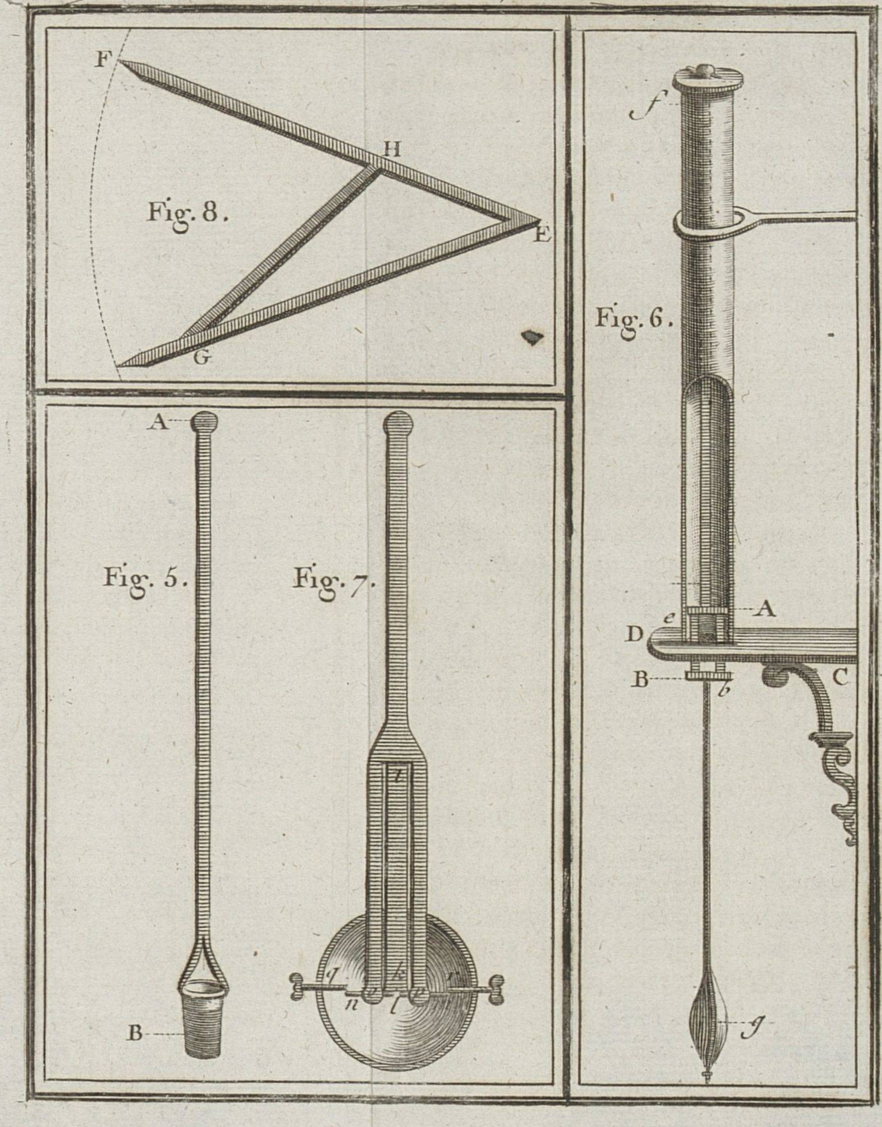
Si j'écrivois un traité d'Horlogerie, je ne manquerois pas de faire connoître dans un plus grand détail, ce que plusieurs Artistes, & même ce que des Sçavans ont encore imaginé pour remédier à l'allongement du fer par celui du cuivre, dans la vue de rendre constante la longueur du pendule ; j'examinerois même le fort & le foible de ces inventions, & je prendrois la liberté d'en dire mon sentiment ; mais on ne doit trouver ici que ce qui a un rapport direct & prochain avec l'expérience que j'ai employée, pour prouver que le chaud & le froid font varier sensiblement le volume d'une piéce de métal : & afin qu'on ne croye pas que ces derniers exemples, que je viens de citer : sont des inventions

plus curieuſes qu'utiles, je remarquerai d'après nos meilleurs Aſtronomes, qu'avec le nouveau pendule (c'eſt-à-dire, celui dont la longueur eſt conſtante) il eſt aſſez commun qu'une horloge d'obſervations, ne varie que de deux ſecondes du plus grand froid au plus grand chaud ; au lieu qu'il eſt rare de trouver moins de 20 ſecondes de différence , avec un pareil inſtrument, réglé par un pendule ordinaire.

Si la meſure du tems perd de ſon exactitude par l'allongement ou le raccourciſſement du pendule, celle de l'étendue pourroit bien auſſi ſe reſſentir des variations cauſées par le froid & par le chaud, au pied, à la toiſe, à l'aune, & autres inſtrumens dont on ſe ſert pour la connoître. Heureuſement que les erreurs qui peuvent naître de cette cauſe, ne tirent guére à conſéquence, pour ce qui concerne le commerce ordinaire; mais il eſt bon d'en être averti pour certaines occaſions où l'on a beſoin d'une grande exactitude. Si quelqu'un, par exemple, vouloit comparer la toiſe ou l'aune d'un pays à celle d'un autre, le choix du métal, & la température

du lieu où se feroit cette comparaison, seroient des circonstances qu'on ne devroit pas négliger. Une régle de cuivre avec laquelle on mesureroit seulement une demi-lieue de terrain en longueur, pourroit tellement varier par le chaud & par le froid, que quand ce terrain seroit aussi uni qu'un canal glacé, l'Arpenteur le plus exact y trouveroit une différence de 6 à 7 pieds de l'Hyver à l'Eté, ce qui ne seroit pas aussi considérable, si au lieu d'une régle de cuivre, il en employoit une de fer ou de bois.

Tous les métaux n'étant pas capables de se dilater ni de se condenser également, par les mêmes degrés de chaud & de froid, on ne doit les employer qu'avec beaucoup de circonspection en construisant les machines, ou les instrumens dans lesquels il est important que les dimensions ne changent point de rapport : si l'on vouloit, par exemple, qu'un angle formé par deux verges de fer *E F*, *E G*, *fig.* 8. demeurât constamment le même dans toutes sortes de températures, il faudroit bien se garder de les joindre par une troisiéme piéce *G H*, qui fût de


F
H
E
G
Fig. 8.
A
B
Fig. 5.
Fig. 7.
q
k
r
n
l
Fig. 6.
f
e
A
D
B
b
C
g

cuivre, car comme ce dernier métal s'allonge par la chaleur beaucoup plus que l'autre, lorsqu'il viendroit à s'échauffer, il ne manqueroit pas de faire changer notablement l'ouverture de l'angle dont il s'agit. Il est aisé de faire l'application de ceci aux instrumens de mathématiques & d'astronomie, dont toute la justesse dépend du rapport invariable des dimensions, & dans la plûpart desquels cependant on emploie ensemble le fer & le cuivre, pour les faire passer ensuite de l'atelier où ils ont été construits, dans des lieux découverts, où ils éprouvent la gelée & l'ardeur du Soleil. Si l'on n'a point égard à ce qui en peut arriver, on court risque de voir les angles changer de grandeur, les surfaces planes & les lignes droites devenir courbes, &c.

Une corde de clavecin qui s'allonge par la chaleur, devient nécessairement moins tendue qu'elle n'étoit, si les points fixes auxquels elle tient, ne s'éloignent pas l'un de l'autre, par proportion à cet allongement. Nous avons vû dans la onziéme leçon, * qu'une corde sonore, toutes choses égales

* Tom. 3. p. 462. & seq.

d'ailleurs, eſt d'un ton plus ou moins aigu, ſelon le degré de tenſion qu'elle a ; ainſi comme celles d'un clavecin, partie de fer, partie de cuivre, s'allongent différemment entr'elles dans le même degré de chaleur, & toutes davantage que le bois dont le corps de l'inſtrument eſt conſtruit, & ſur lequel ſont attachées les chevilles, & chevalets, on voit par quelles raiſons les accords ſe dérangent, quand la température du lieu varie d'une certaine quantité. Qui ſçait même ſi une oreille fine & bien expérimentée ne ſentiroit point quelque changement dans le ton d'une cloche, ou de tout autre corps ſonore, que l'on eſſaieroit froid & chaud, & dont on feroit la comparaiſon avec un autre, à l'uniſſon duquel on l'auroit mis précédemment.

J'ai dit ci-deſſus que le bois chauffé & refroidi n'eſt pas auſſi ſuſceptible de changement ſur la longueur de ſes fibres, que le métal; c'eſt un fait conſtant par l'expérience, & ſur la foi duquel pluſieurs Horlogers ont fait de bois la verge du pendule, au lieu d'avoir recours aux moyens dont j'ai fait mention. Si le ſuccès n'a pas été aſſez

complet pour rendre ses variations nulles, elles ont été moindres que celles du pendule ordinaire, ce qui suffit pour justifier ma remarque.

Mais quoique le bois, & quantité d'autres matiéres se raccourcissent & s'allongent moins que le métal, par le froid & par le chaud, il paroît en général, & par un grand nombre d'épreuves faites en différens tems & par diverses personnes, que tous les corps solides, le marbre, la pierre, la terre cuite, le verre, le métal, le bois & l'écorce des végétaux, les os, le cuir, & la corne des animaux, &c. se dilatent par l'action du feu, & se condensent en se réfroidissant: & comme tous les ouvrages de l'art ne sont que des assemblages & des modifications de ces différentes matiéres, qui sont tantôt plus, tantôt moins exposées à la chaleur, suivant les saisons de l'année, les heures du jour, ou les usages que nous en faisons, on peut dire que rien ne demeure constamment dans le même état, & que tout ce que nous voyons, bijoux, instrumens, meubles, édifices, devient alternativement plus grand, & plus petit.

On objectera peut-être contre cette propriété que j'attribue au feu de dilater généralement tous les corps & d'en étendre le volume, l'exemple des pierres que l'on calcine, des bois que l'on fait sécher au four, ou aux rayons du Soleil, & de plusieurs autres matiéres dont l'action du feu diminue sensiblement la grandeur.

Mais j'ai déja prévenu cette difficulté, en faisant remarquer * que dans tous les cas dont il s'agit, il y a une évaporation, une dissipation de substance, qui donne lieu aux parties de ce qui reste, de se rapprocher sous un moindre volume, quoique ces mêmes parties soient véritablement tuméfiées; c'est ce dont on peut aisément se convaincre, en pesant devant & après, tous les corps dont on voudroit nous citer l'exemple. Un morceau de chaux vive pése moins que la pierre dont elle est faite; il en est de même des ouvrages de bois qui ont passé au four ou à l'étuve, des viandes ou des fruits que l'on a fait cuire, des pâtes & des compositions qu'on a fait épaissir par un certain degré de chaleur.

* 13. Leçon. p. 173.

III. EXPERIENCE.

Preparation.

L'inſtrument repréſenté par *AB* *fig.* 9, eſt composé d'un verre de thermométre, dont la boule a près d'un pouce, & le tube une demi-ligne de diamétre, dans toute ſa longueur, qui eſt d'un pied; une portion d'environ 9 pouces de ce tube tient à une petite planche fort légére, ſur laquelle eſt tracée une échelle, dont chaque degré exprime la milliéme partie de toute la liqueur contenue au-deſſous de la planche, lorſque cette liqueur a reçu le degré de froid de la glace,

On emplit la boule & un peu plus que le quart du tuyau, de pluſieurs liqueurs ſucceſſivement; premiérement de mercure, d'eſprit-de-vin enſuite, d'eau pure, & enfin d'huile de lin. On plonge la boule dans un vaſe *G* plein de glace pilée bien menue, & on l'y laiſſe juſqu'à ce que la liqueur ait reçû tout le froid qu'elle y peut prendre, ce qu'on reconnoît aiſément, parcequ'alors elle ceſſe de deſcendre dans le tube. Enſuite avec un chalumeau ca-

pillaire *D*, que l'on fait entrer dans le tube, on ôte en suçant avec la bouche, ce qu'il y a de liqueur au-dessus de la ligne *ef*, ou bien on en met jusqu'à cette marque, s'il n'y en a point assez.

La liqueur étant bien fixée à cet endroit, on ôte l'instrument de la glace, & l'on tient la boule plongée dans un autre vase *C* rempli d'eau bouillante, jusqu'à ce que la liqueur cesse de monter : on observe à quelle hauteur elle s'arrête, & combien de tems elle a mis, pour recevoir ce degré de chaleur. (*a*)

(*a*) Quoique j'aie résolu de renvoyer à un autre Ouvrage qui suivra de près celui-ci, tout ce qui concerne la construction des instrumens, & la préparation des matiéres qui servent aux expériences que j'emploie dans mes Leçons ; je ne puis m'empêcher d'indiquer ici un moyen dont on pourra s'aider pour avoir un verre de thermométre, mesuré & gradué de la maniére que le requiert notre expérience, avec quelqu'autres instructions, sans lesquelles on auroit peine à la répéter.

Choisissez un tube de verre d'une longueur & d'un diamétre convenable ; & pour voir si sa capacité est bien égale par-tout, faites-y entrer un peu de mercure, qui en occupe environ un pouce que vous mésurerez avec une carte ou autrement ; faites avancer ce petit cylindre de mercure d'un bout à l'autre du

EFFETS.

Le mercure transporté de la glace dans l'eau bouillante, s'éléve dans le

tuyau ; s'il est par-tout de la même longueur, vous serez sûr que ce tuyau est du même diamêtre intérieurement dans toute son étendue, & vous y ferez souffler une boule par un Emailleur; le même ouvrier vous fera des chalumeaux capillaires & renflés par le milieu, en amolissant au feu de sa lampe un petit morceau de tube de verre, qu'il allongera de part & d'autre en tuyaux capillaires.

Pour avoir une échelle qui exprime les milliémes parties de la liqueur contenue dans la boule & dans le quart du tube, il faut d'abord peser le verre, & tenir compte de son poids, ensuite le remplir entiérement de mercure avec le chalumeau, & le faire bien chauffer, même jusqu'à bouillir, afin que toutes les petites particules d'air se dégagent & sortent du vaisseau ; cela se fera plus aisément, si l'on ne remplit d'abord que la boule.

Tout le verre étant bien plein & refroidi au degré de l'air de la chambre, on le pesera exactement pour avoir le poids du mercure, en soustrayant celui du verre, dont on a précédemment reconnu la valeur.

Cela étant fait, on ôtera du tuyau une quantité de mercure qui soit la onziéme partie de la totalité ; & si la capacité de ce tuyau est en proportion convenable avec celle de la boule, les trois quarts, ou à peu près de sa longueur, fournissent cette quatriéme partie, qu'il faut

tube juſqu'au quatorziéme degré, ce qui ſignifie que ſon volume eſt aug-

ôter & reconnoître exactement par la balance.

Si ce qui eſt contenu dans les $\frac{3}{4}$ du tube ou environ, ne ſuffit pas pour faire la quantité qu'on demande; c'eſt une marque que la boule eſt trop groſſe, & il faudroit en faire ſouffler une plus petite au bout du même tuyau; ou pour s'en épargner la peine, il eſt plus convenable de calibrer d'abord pluſieurs tuyaux, & d'y faire ſouffler des boules un peu moins groſſes les unes que les autres.

Si l'on a donc ôté du tuyau la onziéme partie de tout ce qui étoit contenu dans le verre, on n'aura plus qu'à y joindre une échelle de cent parties égales, qui meſure toute la portion du tube qui eſt reſtée vuide, & alors chaque degré de l'échelle répondra à une partie du tube, capable de recevoir la 1000e. partie de ce qui reſte au-deſſous: & ce ſera la même choſe pour toutes les liqueurs qu'on voudra mettre dans ce même vaiſſeau.

Mais comme les degrés de l'échelle ſont des milliémes de capacité, ou de volume, & qu'une liqueur tient moins de place quand elle eſt refroidie que quand elle eſt chaude, il faut avoir ſoin que la boule & la partie du tuyau compriſe entr'elle & l'échelle, ſoient bien pleines, avant qu'on retire l'inſtrument de la glace, pour le plonger dans l'eau bouillante.

Quand on plonge la boule de cet inſtrument dans l'eau bouillante, il eſt bon de l'eſſayer par deux ou trois immerſions ſubites,

menté de $\frac{14}{1000}$, & cette dilatation s'achéve en 15 secondes, ou dans un quart de minute.

L'eau commune à pareille épreuve se dilate de $\frac{37}{1000}$ ou un peu plus, en une minute & quelques secondes.

L'esprit-de-vin s'éléve de 87 degrés, en une minute & 22 secondes.

L'huile de lin emploie au moins 3 minutes pour arriver au soixante-douziéme degré qui est le plus haut qu'elle puisse prendre, par la chaleur de l'eau bouillante.

Ainsi de ces quatre liqueurs éprouvées par la chaleur de l'eau bouillante, l'esprit-de-vin est la plus dilatable, si

avant que de l'y laisser à demeure, de peur qu'une action trop brusque du feu ne fasse casser le verre.

Pour bien juger du tems qu'une liqueur met à monter à son plus haut degré, il est à propos d'avoir reconnu ce degré par une premiére épreuve, sans cela il se passera plusieurs secondes, avant qu'on puisse juger si l'effet est complet.

Enfin, si l'on se sert du même vaisseau pour différentes liqueurs, il ne faut pas commencer par celles qui sont grasses, & l'on doit avoir attention qu'il ne reste point de bulles d'air, dont la raréfaction ne manqueroit pas de jetter beaucoup d'erreur dans les résultats.

par *dilatabilité* on entend l'extenſibilité de volume ; & le mercure l'eſt encore davantage, eu égard à ſa ſenſibilité, c'eſt-à-dire, à la promptitude avec laquelle il reçoit le degré de chaleur, qu'on lui communique.

EXPLICATION.

Par toutes ces épreuves on voit que les liquides comme les ſolides, s'échauffent, ſe dilatent, augmentent de volume, & que ſuivant leurs différentes natures, la dilatation eſt plus ou moins grande, plus ou moins prompte. La cauſe générale de cet effet eſt toujours l'action du feu qui pénétre la maſſe liquide, qui déſunit, & qui ſouléve les parties : mais la meſure de la dilatation, ſoit pour l'étendue qu'elle peut avoir, ſoit pour le tems dans lequel elle s'accomplit, dépend ſans doute de pluſieurs cauſes particuliéres, qu'il ſeroit difficile de bien démêler.

Toutes choſes égales d'ailleurs, il ſemble qu'une liqueur doit être d'autant plus ſuſceptible des impreſſions du feu qui la pénétre, que ſes parties ſont plus mobiles entr'elles, & qu'il eſt plus facile de les déſunir : c'eſt

peut-être par cette raiſon que le mercure ne met que 15 ſecondes à recevoir toute la chaleur que l'eau bouillante eſt capable de lui communiquer. Mais ſi ce corps liquide renfermoit peu de feu dans ſes parties, ou ſi ce feu renfermé ne devoit être développé que par une action beaucoup plus violente que celle qui lui vient de l'eau qui bout, on ne devroit s'attendre qu'à une dilatation imparfaite, à un ſimple ſoulévement de parties, cauſé par l'introduction d'une certaine quantité de feu étranger; effet beaucoup inférieur à celui qu'on verroit, ſi ce feu qui vient du dehors, avoit aſſez de force pour donner à celui qui eſt renfermé dans chacune des parties de la maſſe, toute l'action qu'il pourroit acquérir. Si l'on admet, à l'égard du mercure, cette ſuppoſition qui eſt aſſez vraiſemblable, on n'aura pas de peine à voir pourquoi ſon volume n'augmente que de $\frac{14}{1000}$, tandis que celui de l'eſprit-de-vin, qui contient ſans doute plus de feu, & un feu moins enveloppé, reçoit une augmentation de $\frac{87}{1000}$.

L'huile de lin, matiére inflammable, ſe dilate par la chaleur de l'eau bouil-

lante bien plus que le mercure & l'eau; mais l'expanſion du feu qu'elle contient, & qui contribue beaucoup à ſa dilatabilité, n'eſt pas auſſi libre que celle de l'eſprit-de-vin; elle eſt retardée par l'adhérence réciproque des parties, par cette viſcoſité qu'on apperçoit ſenſiblement dans toutes les liqueurs graſſes. Ainſi, parce que l'huile contient plus de feu que l'eau commune, un certain degré de chaleur la dilate plus qu'elle; mais il ne la dilate pas autant que l'eſprit-de-vin, parce que le feu de celui-ci ſe met plus aiſément en action.

APPLICATIONS.

Un vaiſſeau de verre ou de quelque autre matiére fragile, ſe caſſe bien-tôt s'il eſt entiérement rempli de liqueur, exactement bouché, & tranſporté enſuite dans un lieu chaud; c'eſt ce qu'on voit arriver aſſez communément aux flacons de poche, quand ils ſont trop pleins; & j'ai perdu pluſieurs fois des globes de verre, que j'avois remplis d'eau pendant l'hyver, & que j'oubliois de vuider avant que les chaleurs du printems ou de l'été fuſſent venues; la

masse du liquide ainsi renfermé, en s'échauffant se dilate plus que la matiére du vaisseau, & le fait crever par deux raisons; 1°. parce que les liqueurs ne se laissant point comprimer à la maniére des solides, le volume qui tend à s'augmenter, ne sçait point céder à la résistance des parois qui le renferment. 2°. Parce que l'effort se fait du dedans au dehors, & que les parties qui forment l'épaisseur du vaisseau, ne se soutiennent point réciproquement, comme cela arrive, quand une pression égale les serre entiérement de toutes parts, comme je l'ai expliqué en parlant des récipiens de la machine pneumatique.*

Les bouteilles pleines de vin qu'on tire de la cave pendant les grandes chaleurs de l'Eté, se cassent quelquefois par les mêmes raisons; & elles se casseroient bien plus fréquemment, si l'on n'étoit pas dans l'usage de les tenir fraîches, soit en les plongeant dans l'eau de puits récemment tirée, soit en les entourant de glace pilée : une autre cause qui les empêche encore de se casser, lors-même qu'on néglige de les rafraîchir, c'est qu'elles ne sont presque jamais pleines entiérement, &

* *Tom. 3. p. 201. & seq.*

que le liége dont on les bouche eſt une matiére fléxible qui peut céder un peu à l'effort qui ſe fait par dedans.

De tous les exemples que je pourrois encore citer, comme ayant rapport à notre expérience, il n'en eſt pas qui convienne mieux, & qui mérite plus notre attention que le thermométre. L'inſtrument même que j'ai décrit dans la *préparation*, en eſt un ; & l'on peut juger du mérite de cette invention moderne, par la maniére dont elle a été accueillie, non-ſeulement des Phyſiciens, mais auſſi des perſonnes qui s'intéreſſent le moins aux progrès des ſciences & des arts : eſt-il quelqu'un qui en ignore l'uſage, & qui n'aime à en parler, lorſque le froid ou le chaud lui en donne occaſion. On en peut juger auſſi, & plus ſûrement par les connoiſſances qu'il nous a déja procurées, & par celles qu'on a droit d'en attendre.

Avant qu'on eût des thermométres, comment pouvoit-on juger des différentes températures de l'air ; de celle des lieux où il nous importe qu'elle ſoit d'un degré déterminé, de l'état de certains mélanges, de certaines compoſitions,

compofitions, dont le fuccès n'eft fûr qu'autant qu'on y entretient telle ou telle chaleur? Connoiffoit-on d'autres refroidiffemens que ceux dont on s'apperceyoit par le toucher, figne tout-à-fait équivoque? Sçavoit-on que dans les caves profondes, & dans les autres fouterrains il ne fait ni plus chaud en Hyver ni plus froid en Eté, que dans toutes les autres faifons de l'année; ou que s'il y a des différences, elles font très-peu confidérables? Sçavoit-on que l'eau qui bout long-tems, ne devient pas plus chaude qu'elle ne l'étoit après les premiers bouillons? Enfin, fans les thermométres fe feroit-on jamais douté, que dans les pays les plus chauds, fous la ligne équinoxiale, la plus grande chaleur n'excéde pas celle que nous éprouvons quelquefois dans nos climats tempérés? Auroit-on fçu, & l'auroit-on pû croire, qu'il y eût un pays habité par des hommes, où le froid devient, en certaines années, deux fois auffi grand & même davantage que celui qui caufa tant de défordre en 1709 en France, & dans plufieurs autres parties de l'Europe?

Le Phyficien guidé par le thermo-

métre travaille avec plus de certitude & de succès ; le bon citoyen eſt mieux éclairé ſur les variations qui intéreſſent la ſanté des hommes, & les productions de la terre ; & le particulier qui cherche à ſe procurer les commodités de la vie, eſt averti de ce qu'il doit faire pour habiter pendant toute l'année dans une température à peu près égale.

Cet inſtrument qui a tant d'avantages, & qui eſt digne d'Archymédes, ſortit pour la premiére fois des mains d'un payſan de Northollande. (*a*) A la vérité ce payſan nommé Drebbel n'étoit point un de ces hommes groſſiers qui ne connoiſſent que les travaux de la campagne ; il paroît qu'il avoit naturellement beaucoup d'induſtrie, & apparemment quelque connoiſſance de la phyſique de ce tems-là. On peut ajouter encore, pour rendre cet événement moins merveilleux, que le thermométre de Drebbel étoit fort imparfait, capable à peine de faire entrevoir les utilités qu'on pouvoit attendre d'un autre qui ſeroit mieux

(*a*) Traité des Barométres, des Thermométres & Notiométres, imprimé à Amſterdam en 1688.

conſtruit, & d'en faire naître l'idée. C'étoit un tube de verre terminé en haut par une boule creuſe de même matiére, & plongé par en bas dans un petit vaſe rempli d'eau ou de quelqu'autre liqueur colorée; le tout étoit attaché ſur une planche diviſée en parties égales, avec des chiffres de 5 en 5 ou de 10 en 10, comme on le peut voir par la *Fig.* 10. Pour mettre cet inſtrument en état de marquer les augmentations du froid & du chaud, l'Auteur appliquoit ſa main ſur la boule pour l'échauffer : auſſi-tôt l'air du dedans ſe dilatoit, augmentoit de volume, & ne pouvant plus tenir dans cette eſpéce de vaiſſeau, une partie ſortoit par en bas, à travers de la liqueur colorée; on ceſſoit alors d'échauffer la boule, ce qui donnoit lieu à l'air qui étoit reſté de ſe condenſer, en ſe refroidiſſant; en même tems celui de l'atmoſphére, qui peſoit ſur la ſurface du petit vaſe, faiſoit monter la liqueur dans le tube juſqu'au milieu ou aux trois quarts de ſa longueur.

Cela étant fait, on voit bien que cette liqueur colorée, qui occupoit une partie du tube, devoit s'y élever

ou s'abaiſſer, ſelon que la température de l'air extérieur réfroidiſſoit ou échauffoit celui qui occupoit la boule & la portion du tuyau, immédiatement au deſſous.

Ce thermométre avoit beaucoup de défauts qui l'ont fait abandonner: le plus grand de tous, c'eſt qu'il étoit ſujet, comme un barométre, aux variations du poids de l'atmoſphére, qui ne ſuivent pas, comme l'on ſçait, celles de ſa température. Comme la liqueur colorée ne montoit dans le tuyau qu'en vertu de la preſſion de l'air du dehors, il pouvoit arriver que cette liqueur fût ſollicitée à s'élever par cette cauſe, tandis qu'une augmentation de chaleur dilatant l'air du dedans, exigeoit qu'elle deſcendît; & alors ces deux cauſes oppoſées l'une à l'autre, ou ſe détruiſoient mutuellement à forces égales, ou ne produiſoient dans les autres cas qu'un effet participant de l'une & de l'autre, toujours équivoque & peu propre à indiquer le vrai degré de chaleur qu'on cherchoit à connoître.

Cependant avec ce défaut & pluſieurs autres dont je ne fais point men-

tion, cet inſtrument avoit ce qu'il faut eſſentiellement pour faire un thermométre; c'étoit un fluide très-dilatable renfermé dans un vaiſſeau tranſparent, & d'une figure propre à rendre ſenſibles les moindres changemens que le froid ou le chaud pourroient cauſer au volume. Cette premiére idée a ſervi comme de baſe à preſque toutes les inventions de cette eſpéce qui ont paru depuis.

Le thermométre de Florence, ainſi nommé, parce qu'il vient originairement de l'Académie *del cimento* établie dans cette ville, ou parce que Sanctorius, Médecin Italien, en fit uſage, pour connoître le degré de chaleur de ſes malades, fut pendant plus de ſoixante ans préféré à tous les autres; & c'eſt encore aujourd'hui celui qu'on trouve le plus communément dans les boutiques des émailleurs; il eſt compoſé d'un tube de verre fort menu, au bout duquel on a ſoufflé une boule: on emplit cette boule & environ un quart du tube, par un tems froid, ou après les avoir entourés de neige ou de glace pilée; on les emplit, dis-je, d'eſprit-de-vin coloré, & quand

on juge que la liqueur eſt ſuffiſamment refroidie, en chauffant le verre, on la fait monter preſque juſqu'au haut du tube, que l'on ſcéle alors hermétiquement. (*a*) On attache enſuite cet inſtrument ſur une planche diviſée en 100 parties égales, que l'on diſtingue par des chiffres de 10 en 10 ou de 5 en 5, & qui meſurent toute la longueur du tube. *Voyez la Fig.* 11.

A meſure que le thermométre s'eſt perfectionné, on a ſenti qu'il pouvoit l'être encore davantage; on a deſiré qu'il le fût, & les plus grands Phyſiciens de ce ſiécle (*b*) ſe ſont fait honneur de travailler dans cette vue. Les Académiciens de Florence, & ceux qui avoient reçu d'eux cet inſtrument, lui avoient laiſſé deux défauts qui limitoient beaucoup ſon uſage & qui rendoient ſes déciſions vagues & incertaines. Premiérement, le froid & le

(*a*) Sceller un tube ou un vaiſſeau de verre hermétiquement, ou à la maniére d'Hermes, c'eſt amollir au feu de lampe la partie ouverte, juſqu'à ce que la matiére ſe joigne, & s'uniſſe de toutes parts.

(*b*) Mrs Amontons, Halley, Newton, de Reaumur, Deliſle: Farenneith, & Prins, guidés par M. Boheraave, &c.

chaud qu'il marquoit ne se rapportoit à rien de fixe ni de connu : il faisoit voir à la vérité que l'air ou toute autre matiére dans laquelle on le tenoit plongé avoit plus ou moins de chaleur qu'on n'y en avoit trouvé précédemment ; mais ce plus ou ce moins ne rappelloit aucune idée saisissable pour établir une comparaison, pour former un jugement.

En second lieu, plusieurs thermométres de cette espéce n'étoient point comparables entr'eux : dans la même température, les uns se fixoient plus haut, les autres plus bas ; ce ne pouvoit être que par hazard & fort rarement, qu'ils exprimassent le même chaud ou le même froid par le même nombre de degrés ; & par une conséquence nécessaire, lorsqu'ils étoient placés dans des lieux différens, & que leurs marches ne s'accordoient point, on ne pouvoit pas en conclure avec sûreté, que ces lieux fussent plus chauds l'un que l'autre, ni qu'ils le fussent également, quand bien même la liqueur se seroit fixée de part & d'autre vis-à-vis le même chiffre. On ne pouvoit donc comparer

la température d'un tems ou d'un lieu, à celle d'un autre tems ou d'un autre lieu, qu'en employant le même thermométre, moyen impratiquable dans les cas les plus intéressans, comme, lorsqu'il s'agiroit de connoître le froid & le chaud de tous les climats de la terre, ou d'une longue suite d'années; comment faire voyager ainsi cet unique instrument, & quand cela se pourroit, sa fragilité permettroit-elle de compter raisonnablement sur sa durée?

Mais supposons qu'un Physicien eût été assez heureux pour faire à l'aide de son thermométre, un grand nombre d'observations intéressantes; comment fera-t-il pour transmettre ses connoissances, & pour désigner au juste ce qu'il sçait par rapport aux différens degrés de froid & de chaud qui font partie de ses découvertes? suffira-t-il qu'il dise: Mon thermométre marquoit alors 15, 20, ou 30 degrés? ce langage ne se fera point entendre de ceux à qui ce thermométre est inconnu; ceux même qui le connoîtroient, n'en seroient guére mieux instruits, s'ils ne s'étoient mis un peu au fait de la va-

leur de ces termes, par d'autres obſervations.

Dès les premiéres années de ce ſiécle, M. Amontons * conçut l'idée d'un thermométre comparable, d'un thermométre qui eût pour baſe un terme de chaleur fixe, connu de tout le monde, facile à retrouver quand il en ſeroit beſoin, avec une graduation qui au lieu d'être arbitraire, comme à celui de Florence, offrît à l'eſprit des quantités proportionnelles & relatives à un terme commun. En un mot, ce nouvel inſtrument devoit être tel, qu'étant conſtruit par diverſes perſonnes, en différens tems, & dans tous les lieux imaginables, il exprimât toujours le même chaud ou le même froid par le même nombre de degrés; & que s'il venoit à ſe caſſer ou à ſe perdre, celui qu'on lui ſubſtitueroit, étant fait ſur les mêmes principes, le remplaçât à tous égards, en marquant tout ce qu'il auroit marqué lui-même.

* *Mém. de l'Académie des Sciences. 1702, pag. 163. & ſeq.*

Pour remplir ce projet, M. Amontons faiſoit uſage de deux belles découvertes qu'il venoit de faire, & dont nous avons déja fait mention: * la premiére, que le reſſort ou la force

* *Tom. 3. pag. 262. & Tom. 4. pag. 36.*

élaſtique de l'air s'augmente d'autant plus par le même degré de chaleur, que ce fluide eſt chargé d'un plus grand poids : la ſeconde, que l'eau qui a une fois acquis aſſez de chaleur pour bouillir, ne devient pas plus chaude, quoiqu'elle continue de bouillir plus long-tems. Il avoit donc d'une part, un point fixe de chaleur très-ſaiſiſſable, à portée de tout le monde, & qui renfermoit au-deſſous de lui tous les degrés de froid & de chaud qu'on pouvoit éprouver dans les différens climats : d'un autre côté il employoit fort ingénieuſement le poids d'une colomne de mercure, pour charger & comprimer une maſſe d'air contenue dans une boule creuſe, à laquelle étoit adapté un tube de verre recourbé, comme on le peut voir par la *Fig*. 12. Il apprenoit par la hauteur plus ou moins grande du mercure dans le tube *gh*, de combien le reſſort de l'air contenu dans la boule *k* étoit moindre que celui qu'il reçoit de l'eau bouillante, quand on l'y tient plongé ; & comme on ſçavoit que ce reſſort augmenté ou affoibli étoit l'effet d'une chaleur plus

ou moins forte, on jugeoit de l'intensité de cette cause par la colomne de mercure plus ou moins longue que soutenoit l'air de la boule.

Cependant comme la masse d'air avoit à soutenir non-seulement le mercure contenu dans le tube, mais encore une colomne de l'atmosphére qui pesoit en *g*, & dont le poids est variable; dans l'usage qu'on faisoit de cet instrument, il falloit avoir égard à la hauteur actuelle du barométre; c'est-à-dire, que si le thermométre, par exemple, avoit été construit dans un tems & dans un lieu où le barométre marquoit 28 pouces, & qu'on vînt à le consulter lorsque le même barométre ne marquoit plus que 27 pouces $\frac{1}{2}$; il falloit rabattre six lignes de l'élévation du mercure dans le tube *gh* du thermométre; & au contraire compter sur l'addition d'une pareille quantité, si du tems de la construction à celui de l'observation, le barométre avoit monté de six lignes.

Cette attention qui auroit peu coûté à des Physiciens, étoit pourtant une sujétion incommode dans l'usage d'un instrument qui devoit passer en-

tre les mains de tout le monde ; d'ailleurs ce thermométre étoit néceſſairement grand, ſans quoi le mercure qui ſortoit de la boule pour monter dans le tuyau, eût laiſſé un vuide qui auroit augmenté la capacité occupée par la maſſe d'air, d'une quantité trop conſidérable pour être négligée, comme on ſuppoſoit qu'elle pouvoit l'être ſans erreur ſenſible ; cette grandeur, néceſſaire pour la juſteſſe, mettoit le verre en plus grand riſque d'être caſſé, & ne permettoit pas qu'on pût le plonger dans des liqueurs ou dans d'autres matiéres qu'on n'auroit eu qu'en petite quantité, comme il arrive aſſez ſouvent dans les laboratoires de Phyſique ou de Chymie. Enfin, pour être ſûr que pluſieurs thermométres de cette eſpéce, euſſent tous la même marche, il falloit que les maſſes d'air renfermées dans les boules fuſſent de la même qualité ; car on ſçait que la dilatabilité de ce fluide dépend beaucoup de ſon degré de pureté, & que s'il eſt plus ou moins humide ſeulement, le même degré de chaleur le dilate avec des différences très-conſidérables ; comment pou-

voit-on s'assûrer au juste de l'état de celui dont on remplissoit la boule, dans des tems & dans des lieux éloignés les uns des autres?

Ces difficultés, jointes à celles d'une construction assez délicate (*a*). ont empêché que le thermométre de M. Amontons, tout ingénieux qu'il étoit, ne s'accréditât d'une certaine façon : un ouvrier fort intelligent de ce tems-là (*b*), instruit & guidé par l'Auteur même, en répandit un certain nombre, que les Curieux conserverent dans leurs Cabinets; mais ce qu'on nomme le Public, prit peu de part à cette invention; à peine trouve-t-on quelque Ouvrage de physique, où il soit fait mention de l'usage qu'on en a fait.

Il étoit réservé à M. de Reaumur de causer à cet égard une révolution presque totale, de faire cesser jusques parmi le peuple l'usage du thermométre de Florence, & de lui en substituer un, qui n'ayant point l'air

(*a*) Voyez le Mémoire cité ci-dessus à la page 167.

(*b*) Le sieur Hubin, habile & célébre Emailleur.

d'une nouveauté par son extérieur, se trouve avoir toutes les qualités qu'on avoit desirées jusqu'alors dans cet instrument : en effet, en suivant de point en point ce que prescrit M. de Reaumur *, chacun peut en tout tems, & presque en tout lieu construire des thermométres, dont les marches soient comparables entr'elles, dont les degrés soient relatifs à des termes de froid & de chaud bien fixes & bien connus, des thermométres qu'on observe immédiatement & sans aucune déduction, & qui soient applicables à toutes les épreuves qui sont du ressort de cet instrument.

* *Mém. de l'Académie des Sciences. 1730. pag. 452. & seq.*

Pour remplir toutes ces vûes, M. de Reaumur commence la graduation de ses thermométres au degré de froid qui fait geler l'eau commune, & qui suffit à peine pour empêcher de fondre la glace que l'on tient dans un lieu où il ne gêle pas; il est peu d'endroits où l'on ne puisse avoir de la glace, de la neige, ou au moins de la grèle dans quelque saison de l'année, & ce terme plus facile à obtenir qu'aucun autre dont on se soit servi jusqu'à présent, est aussi plus fai-

ſiſſable, & moins ſujet à varier; ceux qui lui préférent la température des caves profondes, prétendent-ils qu'on trouvera plus communément des ſouterrains ſemblables à celui de l'Obſervatoire de Paris, que de l'eau glacée ou prête à l'être? Quand cela ſeroit auſſi vrai qu'il eſt peu vraiſemblable, nous ſçavons préſentement à n'en plus douter, que cette température ſouterraine n'eſt point fixe comme il faudroit qu'elle le fût, & comme on l'a ſuppoſé long-tems. Je ne crois pas non plus qu'un froid artificiel excité par un mêlange de glace avec quelque ſel, doive être préféré au froid naturel de la glace ou de la neige pure; plus les opérations ſont ſimples, moins elles nous expoſent à nous tromper. La chaleur de l'eau bouillante même, que quelques Phyſiciens ont pris pour leur point fixe, ne l'eſt pas autant que celui dont M. de Reaumur fait uſage pour commencer ſa graduation. L'eau n'eſt auſſi chaude qu'elle peut l'être, qu'après avoir bouilli pendant quelques inſtans; & comme elle s'échauffe de plus en plus, juſqu'à ce qu'elle bouille

très-fort, & que ce bouillonnement arrive plutôt ou plus tard, selon le poids actuel de l'air qui pése sur sa surface, il est évident que le degré de chaleur de l'eau qu'on fait bouillir, devient plus ou moins grand, suivant la pesanteur actuelle de l'atmosphére; aussi Farenneith qui fit le premier cette remarque, avoit-il bien soin de consulter la hauteur du barométre avant que de marquer le terme de l'eau bouillante sur ses thermométres de mercure; & je ne doute pas que M. de Lisle, qui part aussi de ce terme pour la graduation des siens, n'ait égard à cette Observation, qui a été bien vérifiée depuis.

Après avoir fait choix d'un terme fixe, M. de Reaumur par des procédés ingénieux, mais dont il faut apprendre le détail par la lecture même de son Mémoire, étudie & trouve le rapport qu'il y a entre la capacité de la boule & celle du tuyau; il est bien plus sûr & plus facile de s'y prendre ainsi, que de prétendre obtenir quelque proportion déterminée des Ouvriers qui soufflent ces sortes de verres, & que la plus longue habitude

ne met pas en état de faire à cet égard ce que l'on voudroit. Cela étant fait, il divise le tube de maniére que chaque portion de sa capacité peut contenir tout juste $\frac{1}{1000}$ partie de la liqueur qui occupe la boule, & environ un quart du tuyau; de sorte qu'ayant fait prendre à cette liqueur le froid de la glace, il marque zero à l'endroit où elle s'arrête, & compte au dessous de ce terme les degrés de condensation, & au dessus ceux de dilatation.

Quand la liqueur, en s'échauffant, monte dans le tube de 5 ou 6 degrés au dessus de zero, *terme de la glace*, ou *de la congélation de l'eau*, cela signifie donc que son volume qui n'étoit que de 1000 parties, devient égal à 1000 & 5, ou 6 de ces mêmes parties; & quand au contraire la liqueur en se refroidissant s'abaisse au dessous de ce terme, on sçait par le nombre de degrés qu'elle parcourt en descendant, que son volume est diminué de tant de milliémes.

Si deux de ces thermométres sont faits avec des boules & des tubes, dont les capacités ne soient point de

part & d'autre dans des rapports semblables, que le tube de l'un, par exemple, soit à la boule comme 100 à 1000, ou comme 1 à 10 pour la capacité, & que la proportion de l'autre soit comme 150 à 1000, ou comme $1\frac{1}{2}$ à 10; tout ce qu'il en arrivera, c'est que l'échelle de celui-ci aura les degrés plus petits & en plus grand nombre que l'autre; mais dans tous les deux, ces degrés seront toujours des milliémes de la capacité qui est au dessous de zero, & c'est ce qui caractérise principalement le thermométre de M. de Reaumur, & ce qui le fait différer essentiellement de ceux dont la graduation faite en parties égales & en nombre arbitraire sur la longueur du tuyau, ne donne aucune idée distincte de l'action de la chaleur, puisque la dilatation de la liqueur qui en est l'effet, n'y est pas mésurée par des quantités égales, ou proportionnelles.

Mais ce n'étoit point assez pour rendre les thermométres comparables, & leur procurer des marches semblables, de commencer la graduation à quelque terme connu &

fixe, & d'établir une certaine proportion entre toutes les parties du tuyau, & la capacité de la boule; il falloit encore convenir d'une liqueur dont le degré de dilatabilité fût déterminé, & qu'on pût aisément se procurer par tout; car nous avons fait voir par l'expérience même qui a fait naître cette digression, que le degré de chaleur qui fait monter l'esprit-de-vin dans le tube jusqu'au 87e milliéme n'éléve pas autant, à beaucoup près, l'eau pure, l'huile de lin, le mercure; & que chacune de ces liqueurs, également chauffée, se fixe à la hauteur qui lui convient; d'où il arriveroit nécessairement, que si deux thermométres, construits d'ailleurs suivant les principes de M. de Reaumur, différoient seulement par plus ou moins de dilatabilité dans leurs liqueurs, les degrés correspondans ne pourroient plus exprimer des quantités semblables de froid & de chaud; l'un des deux, par exemple, marqueroit la chaleur animale par 32 degrés au-dessus du terme de la glace, & l'autre par le même nombre de degrés exprimeroit une chaleur qui seroit, à coup

ſûr, plus forte ou plus foible.

La liqueur la plus dilatable ſeroit ſans doute la plus propre à faire des thermométres bien ſenſibles ; mais dans bien des occaſions on auroit peine à la trouver, & l'intention de l'Auteur a été que le nouveau thermométre pût ſe faire en tout tems & en tout lieu ; c'eſt pourquoi il s'eſt un peu relâché ſur la grande dilatabilité, pour ſauver une difficulté par laquelle on auroit été ſouvent arrêté : M. de Reaumur s'eſt fixé à l'eſprit-de-vin, qu'il affoiblit avec de l'eau ; & après avoir donné des régles pour cet affoibliſſement, il enſeigne des moyens ſûrs pour connoître ſi ce mêlange a atteint préciſément le degré preſcrit de dilatabilité ; ces épreuves conſiſtent à faire paſſer un de ces thermométres par certains degrés de chaud & de froid, qu'on ſçait d'ailleurs être toujours les mêmes, par la chaleur de l'eau bouillante, par exemple, par celle d'un mêlange de glace ou de neige, avec un tiers du poids de ſel marin, &c. de-là vient que dans tous les thermométres conſtruits ſur ces principes, le degré de l'eau bouil-

lante eſt de 80, celui de la chaleur animale 32 $\frac{1}{2}$, celui des ſouterrains très-profonds 10$\frac{1}{4}$, celui du ſel commun, mêlé avec la glace 15, au-deſſous du terme de la congélation de l'eau ; & cette méthode eſt ſi ſûre, que quand une fois la liqueur eſt propre à l'un de ces termes, au refroidiſſement cauſé à la glace par le ſel marin, par exemple, elle convient pour tous les autres.

Si dans la conſtruction de ces thermométres on a donné la préférence à l'eſprit-de-vin ſur des liqueurs ſuſceptibles d'un plus haut degré de chaleur, c'eſt qu'on s'eſt propoſé avant toute choſe d'en faire un inſtrument météorologique, un inſtrument dont le principal uſage ſeroit de faire connoître les différentes températures de l'air, & en le conſidérant ſous ce point de vûe, il eſt inconteſtable qu'on a eu raiſon de préférer aux huiles qui s'épaiſſiſſent, & au mercure qu'on a peine à appercevoir, une liqueur très-dilatable, qui ſe colore autant qu'on le veut, & qui peut ſoûtenir beaucoup plus de chaleur qu'elle n'en peut jamais recevoir de l'air dans

aucun climat. S'il eſt queſtion de s'en ſervir dans les laboratoires de Phyſique & de Chymie pour meſurer des degrés de chaud qui ſurpaſſent celui de l'eau bouillante ; ſi des obſervations récentes & poſtérieures à l'invention de cet inſtrument, ont appris que l'eſprit-de-vin affoibli pourroit bien ſe geler dans certaines parties du monde, où l'on ſeroit peut-être bien-aiſe de le faire voyager, rien n'empêche qu'en gardant tout le reſte de la conſtruction, on ne ſubſtitue à l'eſprit-de-vin pour ces cas rares, ou pour des uſages particuliers, toute autre liqueur moins prompte à bouillir, pourvû qu'on tienne compte de ſon degré de dilatabilité.

J'ai beaucoup de peine à croire que l'eſprit-de-vin devienne moins dilatable & moins condenſable par ſucceſſion de tems : c'étoit pourtant l'opinion de M. Halley, cité par M. Muſchenbroek *, qui dit l'avoir éprouvé lui-même ; c'eſt auſſi ſur ma propre expérience que je m'appuye pour penſer tout autrement ; voilà bien des fois que je remets à la glace, à l'eau bouillante, & aux autres épreuves, des

* *Eſſais de Phyſ. t. 1. pag. 461.*

thermométres que j'ai faits il y a environ quinze ans, & je les vois toujours revenir aux mêmes termes : celui de M. de la Hyre, que l'on conserve encore à l'Observatoire, & que l'on tient depuis plus de quarante ans en plein air dans toutes les saisons, ne donne aucune marque sensible d'affoiblissement.

Le seul reproche raisonnable qu'on ait fait aux thermométres de M. de Reaumur dans le tems qu'ils commencerent à paroître, (& c'étoit moins un reproche qu'un regret ;) c'est qu'étant beaucoup plus grands que ceux de Florence, ils en étoient moins faciles à transporter par-tout où l'on souhaitoit les avoir, & moins prompts à suivre les changemens qui arrivent, quelquefois assez subitement, à la température de l'air. Cette difficulté fut bien-tôt lévée ; M. de Reaumur, sous la direction duquel je travaillois alors, me fit appercevoir que ces grands instrumens, & l'appareil qu'ils exigeoient pour être construits avec justesse, n'étoient nécessaires que pour en régler d'autres qui pourroient être aussi justes qu'eux, & beaucoup plus

petits; je n'en ai plus fait depuis que pour cet ufage, & tous ceux qui fortent maintenant de mon laboratoire, font, ou de la grandeur ordinaire des barométres, ou renfermés dans une petite boîte fort étroite, qui n'a pas un pied de longueur, *Fig.* 13. Je les pourrois bien faire encore plus petits, à l'imitation de ceux qui entrent dans des étuis à cure-dents, *Fig.* 14. mais je penfe, que, comme il n'étoit pas raifonnable de rejetter les premiers thermométres de M. de Reaumur, par la feule raifon que les yeux n'étoient pas accoûtumés à voir ces fortes d'inftrumens de quatre ou cinq pieds de hauteur, il eft prefque puérile auffi, de vouloir qu'ils puiffent fe porter dans la poche, comme un couteau, & de forcer gratuitement fa vûe fur une graduation exceffivement fine.

La premiére expérience employée dans cette Leçon fait naître une difficulté contre tous les thermométres qui ont paru jufqu'à préfent : tous, par leur forme, reffemblent plus ou moins au vaiffeau repréfenté par la *Fig.* 1. & nous avons vû que la boule

qui


Fig. 13.
Fig. 14
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 10.
A
D
Fig. 9.
B
C
G

qui contient la plus grande partie de la liqueur, se dilate & devient plus grande à mesure qu'elle s'échauffe. Il suit de-là que la liqueur d'un thermométre ne monte pas aussi haut dans le tube qu'elle y monteroit, par le degré de chaleur qu'elle éprouve, si la capacité de la boule étoit absolument invariable; & par rapport à celui de M. de Reaumur, que les portions du tuyau qui répondent à chaque degré, ne sont rigoureusement des milliémes de la capacité qui est au-dessous de zero, que quand l'instrument est dans une température égale à celle où il étoit, quand on a mesuré & déterminé cette proportion. Dans les grandes chaleurs ces mesures péchent par défaut, elles ne contiennent pas tout-à-fait cette milliéme partie dont il s'agit; dans les grands froids elles la contiennent, & un peu plus, elles péchent par excès; si la liqueur échauffée par de l'eau bouillante s'arrête vis-à-vis le chiffre 80, il faut donc entendre qu'elle s'éléveroit plus haut de toute la quantité dont l'instrument de notre expérience, plongé dans l'eau qui bout, fait descendre la

ſienne, ſi les boules & les tubes étoient dans les mêmes rapports de part & d'autre.

Cet effet eſt inévitable; il ne s'agit plus que de ſçavoir de quelle quantité il influe ſur les proportions d'où dépend l'exactitude du thermométre, dans quels cas il cauſe une imperfection notable, & s'il y a des moyens pour y remédier. Le Mémoire de M. de Reaumur, cité ci-deſſus *, répond amplement ſur tous ces articles; je crois ne pouvoir mieux faire que d'y renvoyer le Lecteur, comme j'ai fait à l'égard des détails qui regardent la conſtruction du thermométre même; car, je l'ai déja dit pluſieurs fois, cet ouvrage n'eſt point fait pour apprendre à conſtruire des inſtrumens de Phyſique, ſi je m'écarte quelquefois pour en montrer, pour ainſi dire, l'eſprit & les principes, ce n'eſt qu'autant que ces digreſſions ont un rapport aſſez marqué avec la matiére que je traite, c'eſt la raiſon pour laquelle j'eſpere qu'on voudra bien me pardonner la longueur de celle-ci. Je ne dois pourtant pas la finir ſans dire un mot de l'uſage le plus commun du

* p. 398.

thermométre, & de la maniére de l'obſerver.

C'eſt ordinairement pour connoître les différens degrés de chaud & de froid qui régnent dans l'air, qu'on employe cet inſtrument, & qu'on eſt curieux d'examiner ſa marche : pour le faire d'une maniére convenable, il faut avoir quelques attentions, ſans leſquelles on tomberoit dans l'inexactitude. Il faut 1°. placer le thermométre à l'air libre, c'eſt-à-dire, en dehors des appartemens ; & s'il eſt appuyé contre un mur, on doit prendre garde que ce mur ne contienne dans ſon épaiſſeur quelque tuyau de cheminée, ou qu'il ne ſoit adoſſé à quelque four où l'on faſſe du feu en certains tems. Ceux que l'on place dans les chambres ne peuvent indiquer que la température du lieu où ils ſont, cela n'eſt pas inutile dans bien des occaſions (*a*) : mais on n'en

(*a*) Pour échauffer, par exemple, convenablement la chambre d'un malade, ou une ſerre ; pour ſçavoir la différence qu'il y a quant au froid, entre l'air du lieu que l'on habite, & celui qu'on doit reſpirer en ſortant, & éviter des excès dangereux, &c.

doit rien conclure pour le tems qu'il fait au dehors. 2°. L'exposition doit être au nord ou à peu près, dans quelque place qui ne reçoive jamais ni les rayons directs, ni même les rayons refléchis du soleil; & à cet égard, il est bon que l'on sçache que la proximité d'un grand arbre, d'un édifice, fût-il passablement éloigné, d'une montagne voisine, &c. peut causer des reflets de lumiére très-efficaces; le pavé même renvoye au premier étage, & aux appartemens du rez-de-chaussée, une chaleur qui différe notablement de celle qui agit plus haut. 3°. Le tems le plus froid des vingt-quatre heures, qui composent dans nos climats la nuit & le jour, étant pour l'ordinaire celui qui précéde un peu le lever du soleil, & le tems le plus chaud celui qui arrive deux ou trois heures après le passage de cet astre par le méridien, il est à propos qu'un Observateur exact visite le thermométre deux fois tous les jours; le matin, & l'après-midi dans les tems dont je viens de parler, indépendamment des observations qu'il lui plairoit de faire dans les autres heures du jour ou de la nuit.

4°. Quand on regarde la liqueur pour ſçavoir au juſte à quel degré d'élévation elle eſt, il eſt néceſſaire de placer l'œil à la même hauteur ; car s'il eſt plus haut, on jugera la liqueur moins élevée qu'elle ne l'eſt en effet ; & s'il eſt plus bas, cette même liqueur paroîtra trop haute. *Voyez la Fig.* 15.
5°. Enfin, on doit faire attention, que ſi l'on s'approche fort près & long-tems, ſur-tout avec un flambeau ou une bougie allumée, pour obſerver le degré de froid ou de chaud qui eſt déſigné par la liqueur du tube, il peut arriver que celle de la boule reçoive quelque chaleur qui ne vient point de l'air, & qui rende l'obſervation moins exacte.

Si l'on veut donc faire part de ſes remarques ſur les diverſes températures de l'air, & leur mériter de la confiance de la part des Connoiſſeurs, on aura ſoin de dire de quelle eſpéce de thermométre on s'eſt ſervi, en quel endroit de la terre, & comment il étoit expoſé, à quelles heures, & avec quelles attentions on l'a obſervé.

ON a vû par la premiére & par la

ſeconde Expérience, que les corps ſolides les plus durs, les plus compacts, ſe dilatent & augmentent en volume quand on les chauffe de plus en plus juſqu'à un certain point : la troiſiéme Expérience a prouvé que les liquides ſont ſoumis à la même loi ; il s'agit maintenant d'examiner quels effets peut produire ſur les uns & ſur les autres une chaleur continuée & plus grande que celle d'où il ne réſulte qu'une ſimple dilatation ou écartement de parties : commençons par ceux de la premiére claſſe.

La plûpart des mixtes, ceux même qui ont aſſez de conſiſtance pour être nommés ſolides, ſont composés de parties dont les unes bien moins fixes que les autres, quittent la maſſe avec le feu qui s'en exhale ; & ces ſortes de déchets commencent ſouvent avec les premiers degrés de chaleur : de-là il arrive que le corps chauffé, avant que d'être arrivé à ſes derniers degrés de dilatation, n'eſt déja plus le même qu'il étoit au commencement, il a changé de nature par l'évaporation d'une partie de ſes principes, & il a paſſé par divers états, ſi

ces mêmes principes, plus volatils les uns que les autres, n'ont cédé que successivement à l'action du feu. On ne doit pas s'attendre de trouver ici le détail de tous les changemens qui arrivent par cette voie aux différentes espéces de substances sur lesquelles on fait agir le feu ; c'est un objet qui appartient à la Chymie, & qui seroit étranger à présent; celui qui m'occupe est de faire connoître l'action du feu en général, ce que cet élément est capable d'opérer, & non pas ce qu'il opére en effet sur telle ou telle matiére en particulier ; si je suis obligé de m'attacher à des exemples, parce que j'emprunte mes preuves de l'expérience, je dois choisir préférablement les plus simples, je dois représenter l'action du feu sur des matiéres dont les parties semblables entr'elles, se prêtent ou se refusent toutes également au même effet; or dans la plûpart des corps qui sont tels que je les suppose ici, la dilatation poussée jusqu'à son dernier période, finit enfin par un amolissement de la masse, par une liquéfaction plus ou moins parfaite, selon la nature du corps que

l'on chauffe, ou le degré d'activité du feu que l'on fait agir.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Je place dans la demi-coquille d'une noix une de ces piéces de monnoye que nous nommons *sol neuf*, dont la valeur est actuellement de dix-huit deniers, ou six liards, & qui sont faites d'un alliage de cuivre avec un peu d'argent : dessus & dessous cette piéce, que je ploye un peu en forme de gaufre, je mets autant qu'il en peut tenir dans cette espéce de creuset, un mêlange fait de trois parties de nitre ou salpêtre fin, bien pulvérisé & séché sur une pêle de fer que je fais chauffer, auxquelles je joins une partie de fleur de soufre, & autant de sciure ou rapure de quelque bois tendre tamisée (*a*). Je place la coquille ainsi chargée sur du sablon, ou sur quelque support qui s'accommode à sa convexité, afin qu'elle ne se renverse point, & avec une allumette

(*a*) Na. Que toutes ces doses sont prises au poids.

je mets le feu à la poudre qu'elle contient. *Voyez la Fig.* 16.

EFFETS.

On voit la poudre s'enflammer & fuser pendant quelques inftants, après quoi l'on apperçoit au fond de la coquille le métal fondu & très-ardent, qui fe ramaffe en forme de bouton, & qui fe durcit promptement dès que la matiére qui bruloit autour, eft confumée.

EXPLICATION.

Le feu dont on fe fert dans cette expérience eft d'autant plus puiffant, qu'il fait agir avec lui fur le métal, le foufre & le nitre qu'il a mis en fufion; ces matiéres contiennent un acide qui fuffiroit feul pour diffoudre le cuivre & l'argent, dont le *fol neuf* eft compofé: on a vû par une expérience de la premiére Leçon * qu'une piéce de monnoye s'ouvre en deux lorfqu'elle eft penétrée d'une certaine façon par la vapeur du foufre; & tout le monde fçait que l'efprit de nitre eft le diffolvant de prefque tous les métaux;

* *Tom.* I, *pag.* 15.

nous devons donc croire que ce mêlange enflammé, porte ſur la piéce qu'on y a plongée, un degré de chaleur très-violent qui l'a bien-tôt dilatée autant qu'elle peut l'être ; mais la même cauſe continuant d'agir, le métal fait plus que ſe dilater, ſes parties trop écartées les unes des autres pour conſerver leur adhérence réciproque, ſe quittent enfin, & nagent librement dans la grande quantité de feu qui les pénétre.

Il ne faut pas moins que cette grande abondance de parties ignées pour tenir en fuſion du cuivre & de l'argent ; dès que le mêlange conſumé leur donne lieu de s'évaporer & de ſortir de la maſſe qu'elles tiennent en état de liquidité, cette même maſſe reprend bien-tôt ſa premiére conſiſtance en paſſant, quoique plus lentement, par tous les degrés de froid ou de moindre chaleur, que le feu lui avoit fait perdre.

Ce qui mérite bien d'être remarqué, c'eſt que ce feu dont l'activité fait fondre un métal très-dur, ne conſume pas la coquille de noix qui ſert de creuſet. Elle demeure ordinaire-

ment presqu'entiere, après l'opération; elle n'est que légérement endommagée par dedans, ou si elle est percée, c'est seulement à l'endroit où a reposé le métal fondu, si l'on n'a pas eu soin de l'éteindre avec de l'eau, dans l'instant qu'on s'est apperçû qu'il avoit coulé. Ce fait considéré en lui-même, paroît être d'une légére importance, & ne pas mériter la peine qu'on s'y arrête; mais il tient à d'autres qui intéressent davantage, & qui dépendent comme lui d'une propriété du feu, digne d'une attention sérieuse.

Le feu, quand il agit en force suffisante, produit des effets d'autant plus grands, que son action a été plus retardée: quand une fois cette action devient victorieuse, elle dilate, elle dissout, elle dissipe une masse avec d'autant plus de promptitude, & d'une maniére d'autant plus complette, que les parties de cette masse lui ont opposé plus de résistance, avant que de céder: les métaux plus difficiles à fondre que la cire, la résine, la graisse, &c. coulent aussi beaucoup plus vîte, quand ils sont atteints par le degré de

chaleur auquel doit céder la cohérence de leurs parties. Les huiles grasses s'enflamment plus tard que l'esprit-de-vin, ou celui de térébenthine, mais leur embrasement porte un degré de chaleur bien plus considérable : la poudre qui s'allume en plein air, ne fait qu'un effort bien médiocre & qui n'a nulle proportion avec celui dont elle est capable, dans une arme à feu, ou dans un fourneau de mine.

Je conçois donc que le feu appliqué à la surface d'un corps solide, fait deux choses en même tems ; il le pénétre d'un côté à l'autre, & en le pénétrant, il met en action les particules de feu qui résident dans les petites masses qui composent ce corps : si ces petites masses sont de nature à céder aisément aux premiers degrés d'expansion que reçoit le feu qu'elles renferment, celles de la surface se dissolvant, ou s'évaporant avant que les autres, qui sont plus reculées, ayent été suffisamment échauffées, de couche en couche la masse se fond, comme on voit que cela arrive à de la cire, ou à du beurre ; ou bien, elles se dissipent en fumée & en flamme, comme on peut

le remarquer, lorſqu'on voit brûler une bûche.

Mais ſi les parties de la ſurface ont un degré de fixité, qui donne le tems au feu qui les attaque, de porter ſon effort juſques ſur les autres & d'animer ſuffiſamment les petites portions de feu qu'elles renferment; je comprends que l'expanſion de ce feu interne, qui doit déſunir les parties propres de la maſſe, doit avoir lieu preſque en même tems par-tout, & que la diſſolution devient générale en très-peu de tems, comme on voit que cela ſe paſſe à l'égard des métaux.

Si l'on veut revenir maintenant à la coquille de noix, qui a donné lieu à cette remarque, on verra pourquoi elle s'eſt conſervée preſque toute entiére, tandis que le métal qu'elle contenoit, s'eſt embraſé juſqu'à ſe fondre; l'action du feu, qui n'a eû qu'une petite durée, en a pourtant eû aſſez, pour pénétrer & ébranler juſques dans ſes moindres parties une piéce très-mince, qu'elle attaquoit en même tems de toutes parts. Mais à l'égard du petit creuſet de bois, elle n'a eû le tems que d'agir ſur ſa ſuperficie intérieure,

qu'elle a brûlée, ou si elle a pénétré dans son épaisseur, une trop grande porosité, lui a laissé le passage si libre, qu'elle s'est dissipée, sans animer les parties de son espéce qui pouvoient y être, au point de causer l'embrasement total.

APPLICATIONS.

LES Arts ont bien profité de cette action du feu, qui fait passer diverses matiéres de l'état de solidité à celui de liquidité. Il n'est presque pas de métier, qui ne s'en aide, ou qui n'en fasse son principal objet: le Menuisier, le Sculpteur, le Luthier, l'Ebéniste, & tant d'autres, font un usage continuel de la colle forte, qui n'est autre chose que de la corne préparée pour se fondre aisément dans l'eau chaude, & se durcir ensuite: tant qu'elle est liquide, elle s'étend sur le bois, elle se moule dans ses pores, & en s'y durcissant, elle devient un lien commun entre deux surfaces appliquées l'une contre l'autre. Il en est presque de même des soudures employées par le Ferblantier, le Plombier, le Chaudronnier, l'Orfévre, &c. Ce sont des alliages

qui coulent à un degré de feu au-dessous de celui qu'il faudroit pour fondre les piéces de métal, qu'on veut joindre, & qui, lorsqu'ils se refroidissent, prennent une dureté & une consistance égale ou à peu près, à celle de ces mêmes piéces. Ceux qui fabriquent la chandelle, la bougie, la cire à cacheter, &c. ne sont presque occupés qu'à fondre & à refondre ces matiéres, pour les façonner; enfin c'est par la fusion des matiéres les plus dures qu'on est parvenu à faire le verre, matiére peut-être plus estimable que l'or, si l'on veut l'apprécier par les commodités qu'elle nous procure, & par les effets merveilleux dont elle embellit le monde.

Mais de tout ce qui peut se fondre, & se durcir ensuite, je ne vois rien de comparable aux métaux, par rapport à la multiplicité & à l'importance des usages qu'on en fait; depuis qu'ils sont tirés du sein de la terre, jusqu'au moment où ils y rentrent par la dispersion de leurs parties, presque toutes les formes qu'on leur fait prendre, ils les doivent au feu qui les liquéfie dans le creuset, pour être coulés dans des

moules, ou qui les amollit à la forge, pour les rendre fléxibles ſous le marteau.

Le fer fondu preſque en ſortant de la miniére, devient marmites, chaudiéres, canons, tuyaux d'Aqueducs, plaques de cheminées, vaſes de jardins, &c. & que ne deviendroit-il pas, ſi celui qui en fait commerce, ſçavoit profiter de tout ce que M. de Reaumur a expérimenté & écrit * ſur la maniére de traiter ce métal, & de le mettre en œuvre ? Le fer doux & celui que l'on a converti en acier, ne deviennent plus aſſez liquides, pour être coulés, mais ils ſont encore ſuſceptibles d'une demi-fuſion, c'eſt-à-dire, qu'ils s'amolliſſent; & entre les mains du Serrurier, du Taillandier, du Coutelier, du Fourbiſſeur, de l'Arquebuſier, du Maréchal, &c. ils reçoivent une infinité de façons, par leſquelles ils rendent nos bâtimens & nos voitures ſolides, ſûres, agréables & commodes; ils nous procurent des armes pour notre défenſe, & pour nos plaiſirs; & ils fourniſſent des inſtruments & des outils pour tous les arts.

* *L'art de convertir le fer en acier, &c.*

L'Orfévre, le Bijoutier, le Fabriquant

quant d'Etoffes, miniſtres du luxe & de la mode, remettent ſouvent le même or & le même argent au creuſet, pour changer les contours de la vaiſſelle, pour donner de nouvelles formes aux boîtes, aux étuis, &c. & pour enchérir ſur les deſſeins & les ornemens de l'année précédente : ſans cette facilité de fondre & de refondre, le goût de la nouveauté auquel on s'abandonne ſi volontiers, auroit bien moins de reſſource, & l'induſtrie n'auroit pas autant de moyens de s'exercer & de ſe perfectionner.

Que ne fait-on pas avec le cuivre fondu, ſur-tout avec celui qu'on a rendu jaune, en le mêlant avec la Calamine : eſt-il préſentement un meuble qui n'en ſoit décoré? la dorure qu'il reçoit aiſément, & qu'il fait ſi bien valoir, n'a pas peu contribué au grand uſage qu'on en fait aujourd'hui : mais ce qui a fait de tout tems le grand mérite de la fuſibilité du cuivre, c'eſt qu'on ait pû & qu'on ait dû choiſir ce métal, préférablement à tous les autres, pour former ces monumens qui tranſmettent à la poſtérité les événemens mémorables, les portraits des

hommes illuſtres, & les productions des grands Maîtres. Les Princes & les curieux poſſédent encore aujourd'hui grand nombre de bas reliefs, & de figures d'airain, qui inſtruiſent les Sçavans, & qui forment le goût de nos Artiſtes; que ſeroient devenus tous ces précieux reſtes de l'Antiquité, ſi le métal dont ils ſont faits, eût été auſſi cher que l'or ou l'argent, auſſi ſujet à la rouille que le fer, auſſi tendre que le plomb & l'étain? L'injure des tems, ou la cupidité des hommes ne leur euſſent jamais permis de paſſer juſqu'à nous.

L'étain d'abord moulé, & enſuite plané à coups de marteau, fait une vaiſſelle beaucoup moins précieuſe que celle d'argent, & qui n'a point la fragilité de la fayance ou de la terre cuite; par ces deux raiſons elle convient, on ne peut pas mieux, dans les cuiſines des grandes Maiſons, dans les Hôpitaux, dans les Communautés Religieuſes, & généralement partout où il y a grand nombre de gens à nourrir, & peu de magnificence à obſerver dans le ſervice.

L'étain fondu s'attache au fer, moyen-

nant quelque préparation ; c'eſt par cette union que l'on fabrique ces feuilles minces qu'on nomme *Ferblanc*, dont on fait tant de jolis ouvrages, & à ſi bon marché ; le fer enduit d'étain ne ſe rouille pas, voilà pourquoi l'Eperonnier s'en ſert pour blanchir les mords des brides ; & dans pluſieurs endroits on eſt dans l'uſage d'étamer auſſi toutes les ferrures qui ſervent aux portes & aux fenêtres des appartemens.

Sans un pareil enduit d'étain fondu, que l'on met au-dedans des marmites, caſſeroles, & autres utenſiles de cuiſine, qui ſont faites de cuivre rouge, on riſqueroit perpétuellement d'être empoiſonné par le verd-de-gris, qui eſt la rouille de ce métal ; malgré l'uſage où l'on eſt d'étamer la batterie de cuiſine, il arrive encore bien des accidens par la négligence des domeſtiques qui ne connoiſſent point aſſez le danger d'un étamage uſé ou mal fait, & qui provoquent le verd-de-gris, en laiſſant ſéjourner dans ces vaiſſeaux, des matiéres ſalées & des jus aigres.

Pour combien d'uſages ne fait-on

pas fondre le plomb ? Coulé en *Tables*, il devient propre à couvrir les faîtes de bâtimens, à former des goutiéres, à revêtir intérieurement des bassins, ou tout ce qui doit recevoir, garder, ou conduire les eaux. Employé chaud, & lorsqu'il est liquide, il sert à sceller dans la pierre des piéces de fer, qui doivent servir de liens, ou tout autre ouvrage de serrurerie, qui a besoin d'être fixé solidement. Fondu & moulé en globules, il est plus propre qu'aucune autre matiére, à conserver la vîtesse qu'il reçoit de la poudre qui s'enflamme dans une arme à feu; avec cet avantage qu'il tient de son poids, il a encore celui de n'être pas bien cher, ce qui met le plaisir & le profit de la chasse à la portée d'un plus grand nombre de personnes.

Comme il faut plus de chaleur pour faire couler la cire, que pour fondre du beurre ou du suif; aussi chaque métal ne devient-il liquide que par le degré de feu qui lui convient; le fer est le plus difficile à faire couler; le cuivre se fond avec moins de feu, mais il lui en faut davantage qu'à l'argent &

à l'or : le plomb céde à une chaleur bien plus foible, & l'étain encore plus aiſément fuſible, ne ſoutient pas celle qu'on peut faire prendre à des matiéres graſſes ; c'eſt pourquoi les vaiſſeaux faits ou enduits de ce métal ſe gâtent, ou périſſent bien-tôt entre les mains d'une cuiſiniére, qui s'en ſert, pour faire rouſſir du beurre, du lard, de la graiſſe, &c.

Le feu met en fuſion les alliages plutôt que les métaux ſimples, dont ils ſont composés ; le ſol neuf de notre expérience, par exemple, ſe fondroit dans un degré de feu, qui ne feroit pas couler ſéparément l'argent ni le cuivre, dont il eſt fait. Cela ne doit pourtant pas ſe prendre pour une régle générale : car le métal blanc, dont on fait les miroirs de Teleſcope, & tous ceux qui ſervent aux expériences de Catoptrique, ce métal, dis-je, qui eſt composé de cuivre rouge, d'étain, & d'arſenic, ou d'antimoine, ne ſe fond pas auſſi aiſément que l'étain pur. Il en eſt de même du métal des timbres ; celui des canons & des cloches réſiſte à un degré de feu, qui n'eſt pas fort éloigné de celui qu'il faut pour

fondre le cuivre, & qui l'emporte de beaucoup ſur la chaleur, qui fait couler l'étain ; ces différences dépendent apparemment des proportions que l'on met entre les métaux qui compoſent l'alliage ; le degré de fuſibilité tient davantage de celui qu'on y fait entrer en plus grande quantité.

En expliquant les effets de la derniére expérience, j'ai obſervé que la piéce de monnoye devoit ſa prompte fuſion à l'embraſement du nitre & du ſoufre dans leſquels elle ſe trouve plongée ; ce fait bien entendu peut ſervir à rendre raiſon d'une pratique, qui eſt fort commune dans tous les Arts, où l'on fait uſage des ſoudures fortes : comme il eſt eſſentiel que les piéces, qu'on veut ſouder, ne ſoient pas fondues par le degré de feu qu'elles ont à ſouffrir, les ouvriers employent deux ſortes de moyens pour prévenir cet accident ; 1°. ils compoſent leurs ſoudures avec tels métaux & alliés dans telles proportions qu'elles puiſſent couler à un degré de chaleur moindre que celui qu'il faudroit, pour fondre les métaux ſimples qu'ils ont à ſouder ; 2°. ils mêlent les pail-

létes, ou grains de soudure avec quelque matiére saline, qui en prépare, & en accélère la fusion, en se fondant elle-même; c'est ordinairement du borax pulvérisé, qu'on employe à cet effet; & moyennant ces deux précautions, les deux surfaces qui doivent s'attacher, ne font que s'échauffer, & se dilater autant qu'il le faut, pour être enduites, & légérement pénétrées par l'alliage fondu, qui se trouve & qui coule entre elles.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

UN support fait en forme de potence, comme le représente la *Fig.* 17. tient, suspendu par deux ficelles, un vase cylindrique de verre très-mince, dans lequel on a mis une chopine d'eau bien claire. On y plonge un petit matras de verre aussi bien mince, & afin qu'il ne touche pas le fond, on enfile un peu à force sur le col une rondelle de liége, qu'on fait ensuite reposer sur les bords du vase cylindrique, de sorte que la boule de ce matras plongé, est environnée de toutes

parts d'environ un pouce d'eau.

A la diſtance d'un pied au-deſſous du vaſe ſuſpendu, on établit un réchaud plein de charbons bien allumés, & qui ne faſſent aucune flamme; & la tige du ſupport, qui eſt de deux piéces, dont l'une entre dans l'autre autant qu'on le veut, donne la facilité de faire deſcendre le vaſe vers le feu, & de l'en approcher de plus en plus, à meſure qu'il s'échauffe.

Tout étant ainſi diſpoſé, voici ce qu'on obſerve, en ſe plaçant de maniére que le vaſe ſuſpendu ſe trouve entre la lumiére & l'œil.

EFFETS.

1°. Lorſque l'eau a reçu 35 ou 40 degrés de chaleur, la ſurface intérieure du vaſe cylindrique, ſur-tout celle du fond, & la ſurface extérieure du matras ſe couvrent d'un grand nombre de petites bulles qui paroiſſent être de l'air; ces bulles groſſiſſent à meſure que l'eau s'échauffe davantage, & quand elles ont acquis un certain volume, elles ſe détachent, & elles montent à la ſuperficie de l'eau.

2°. A 60 ou 70 degrés de chaleur, uo

on voit s'élever du fond du vase cylindrique, une petite vapeur extrêmement fine, & qu'on n'apperçoit qu'avec beaucoup d'attention, & en prenant la lumiere un peu obliquement : cette vapeur ressemble tout-à-fait à celle qu'on remarque autour des poëles ; & lorsqu'elle a quitté le fond du vase, d'où elle s'éléve, on la voit se diviser, s'étendre, & se répandre dans toute la masse de l'eau, qui perd sa premiére limpidité & devient un peu louche.

3°. Quand la chaleur de l'eau est de 80 degrés ou à peu près, toute la masse est remplie de bulles imperceptibles, qui en troublent la transparence, & qui s'élévent rapidement en ligne droite, depuis le fond du vase jusqu'à la superficie de la liqueur qu'il contient.

4°. Le feu n'étant plus qu'à un pouce de distance, le fond du vase semble s'entr'ouvrir par plusieurs petits trous qu'on ne voit cependant pas, mais d'où l'on croit voir sortir une matiére transparente, qui se divise en plusieurs jets, qui s'élance comme la flamme avec une extrême rapidité ; alors l'eau se

ſouléve de toutes parts, & il s'y forme de groſſes bulles tranſparentes, qui vont crever à la ſuperficie.

5°. Rien de tout cela ne paroît dans l'eau du matras, elle ne parvient que fort lentement à un degré de chaleur, qui eſt toujours un peu moindre que celui de l'eau bouillante; & elle ne bout jamais, quoique celle qui l'entoure continue de bouillir pendant plus d'une heure.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

JE choiſis un verre de thermométre, dont la boule ait environ un pouce de diamétre & le tuyau un pied de longueur : je remplis les deux tiers de la boule avec du mercure, & je noue au bout du tube que je laiſſe ouvert, la moitié d'une veſſie de carpe, comme on le peut voir par la *Fig.* 18. je plonge enſuite la boule de cet inſtrument dans un bain de ſable que je chauffe peu à peu, juſqu'à ce qu'il ſoit capable de fondre des petites lames de plomb que j'y enfonce de tems en tems; alors je la retire du ſable, & je

la transporte sur des charbons ardens, dont je la tiens éloignée seulement d'un demi-pouce ; quand elle a été chauffée de la sorte pendant quelques instans, & que l'on continue de la tenir au même feu, on remarque ce qui suit.

Effets.

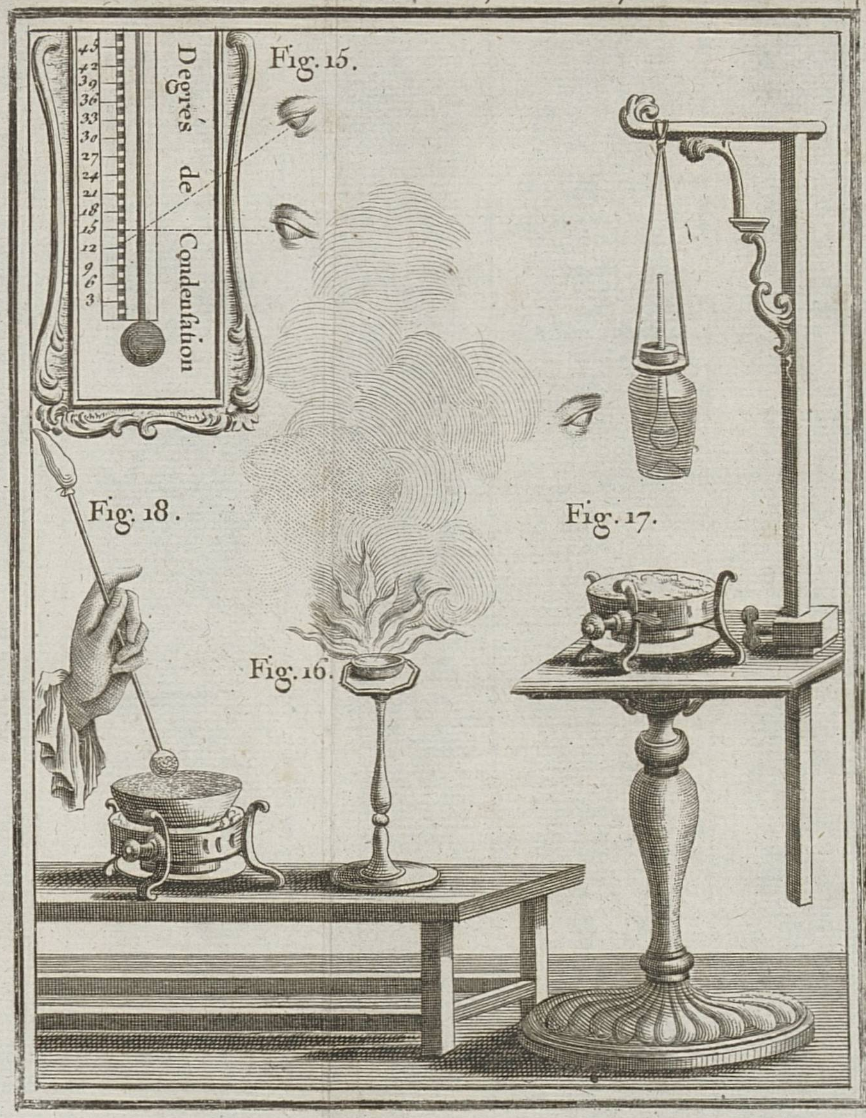
1°. A certains points du fond de la boule de verre, & précisément aux endroits qui sont le plus exposés au feu, on voit le mercure se soulever, comme s'il étoit poussé par des jets continuels & redoublés d'une matiére transparente sans couleur ; & tant que cet effet dure, toute la masse bouillonne. 2°. La petite vessie qui est nouée au bout du tube, paroît un peu gonflée pendant tout le tems que le mercure bout ainsi ; 3°. mais elle se désenfle, & revient à peu près à son premier état, quand tout est refroidi.

Explications.

Le bouillonement des liqueurs, & sur-tout celui de l'eau que l'on fait chauffer, est un de ces phénoménes que l'on est tellement accoutumé de

voir, qu'il faut être un peu Philoſophe, pour oſer croire qu'il mérite la peine qu'on s'y arrête ; le commun des hommes ne demande raiſon que des faits qui lui paroiſſent extraordinaires; or rien ne l'eſt moins que celui dont il s'agit ; ſa cauſe même n'eſt ignorée de perſonne, on ſçait que c'eſt le feu qui fait bouillir ; mais il y a quelque difficulté à dire comment le feu opére ce ſoulévement, lorſqu'entre le liquide & lui il y a l'épaiſſeur d'un vaiſſeau, dont la matiére eſt communément plus denſe, que celle qu'il contient : eſt-ce le feu que j'apperçois en globules au milieu de la liqueur bouillante, & qui en interrompt la continuité ; ou bien eſt-ce un autre fluide, qui ſe développe du ſein même de cette liqueur, ou que l'action du feu fait paſſer du-dehors au-dedans par les pores dilatés du vaiſſeau ? Voilà des queſtions qui ſe préſentent aſſez naturellement, & ſur leſquelles je vais dire ma penſée, en prenant pour guide ce qui paroît être indiqué par les deux expériences précédentes.

Un corps embraſé lance des rayons de feu de toutes parts ; il devient


Fig. 15.
Degrés de Condensation
45
42
39
36
33
30
27
24
21
18
15
12
9
6
3
Fig. 18.
Fig. 17.
Fig. 16.

comme le centre d'une ſphére d'activité, qui a plus ou moins d'intenſité & d'étendue, ſelon la nature & la quantité de la matiére qui brûle. Ainſi le fond du vaſe cylindrique de la cinquiéme Expérience, ſuſpendu au deſſus des charbons ardens, eſt expoſé à des rayons de feu, qui le pénétrent lui & la maſſe d'eau dont il eſt chargé; de-là naît un degré de chaleur très-ſenſible dans l'un & dans l'autre.

Cette premiére action du feu dilate & fait paroître ſous un volume ſenſible toutes les petites lames d'air qui étoient reſtées adhérentes aux ſurfaces tant du vaſe que du matras; & & lorſqu'en s'aggrandiſſant de plus en en plus par l'augmentation de la chaleur, ces bulles ont acquis une légereté reſpective, qui peut l'emporter ſur la force qui les retient contre le verre, elles s'en détachent & gagnent la ſuperficie de l'eau.

Les pores du verre & ceux de l'eau dilatés par 60 ou 70 degrés de chaleur, reçoivent & tranſmettent des rayons de feu d'un plus gros volume; & c'eſt apparemment ce qui forme cette eſpéce de vapeur, qu'on voit s'élever

du fond même du vaiſſeau, & qui s'apperçoit peut-être moins par elle-même, ou par ſon ombre, que par quelque modification qu'elle cauſe à la lumiére dans un milieu, dont elle altére l'homogénéité, & par conſéquent la tranſparence : c'eſt à peu près ainſi que l'eſprit-de-vin le plus pur, quand on le mêle avec de l'eau bien claire, s'y fait voir pendant quelques inſtans, comme une vapeur diviſée par filets, & la rend un peu louche.

Lorſqu'une chaleur plus forte, ou continuée plus long-tems, a dilaté le verre & l'eau encore davantage & d'une maniére plus complette, il eſt naturel de penſer qne le feu ſe criblant, pour ainſi dire, en plus grande quantité, & en plus groſſes parties à travers le fond du vaſe, dont les pores ſont conſidérablement aggrandis, ſe trouve en état d'écarter l'eau, & de remplir un eſpace ſenſible : cet eſpace rempli par une matiére très-fluide, qui n'a point de couleur, & qui eſt beaucoup plus légère que l'eau, doit avoir toutes les apparences d'une bulle d'air, & repréſenter les mêmes effets qu'elle; c'eſt-à-dire, que s'il part

du fond du vaſe un grand nombre de pareilles bulles, extrêmement petites, leur légéreté reſpective, aidée par l'impulſion des rayons de feu, dont elles ſont partie, les éléve rapidement à travers la maſſe de l'eau, qu'elles rendent trouble & dont elles augmentent un peu le volume.

La tranſparence diminue, parce que ces petites bulles d'une matiére extrêmement rare compoſent avec l'eau un milieu, dont la denſité n'eſt plus uniforme à beaucoup près ; & nous ferons voir ailleurs qu'en pareil cas la lumiére ne ſe tranſmet point auſſi facilement, ni d'une maniére auſſi complette, que lorſqu'elle a à pénétrer des corps diaphanes dont les parties ſont homogénes.

L'augmentation du volume de l'eau eſt une eſpéce de ſoulévement cauſé par ces bulles de matiére étrangére aſſez petites encore, pour ſe faire jour, & paſſer aiſément dans la maſſe, mais trop groſſes pour ſe loger dans les pores, qui d'ailleurs doivent être cenſés pleins d'une pareille matiére. Si ces mêmes bulles ſe ſuivent encore de plus près, qu'elles forment des jets conti-

nuels, & qu'elles entrent plus grosses par certains pores du verre, comme on le voit réellement, dès que la chaleur est parvenue à une degré convenable; on conçoit bien que les soulévemens de la liqueur doivent être plus fréquens, plus grands, & que la transparence ne peut être alors que très-imparfaite; & en effet voilà l'état d'une masse d'eau que l'on fait bouillir.

J'ai dit plus haut, que ces espaces transparens qui interrompent la masse du liquide, & qui font le bouillonnement, avoient toute l'apparence de bulles d'air; j'ajoûte ici qu'elles n'en ont pas la réalité: une liqueur que l'on tient au feu, bout jusqu'à la derniére goutte, jusqu'à ce qu'elle soit entiérement évaporée; est-il probable qu'elle renferme assez d'air pour fournir à toutes ces ampoules qu'on voit naître & s'enfler pendant tout le tems de son ébullition?

En vain me diroit-on qu'une très-petite quantité d'air extrêmement dilaté peut suffire à cet effet: l'expérience nous apprend que ce fluide sous le poids de l'atmosphére ne se dilate que d'un tiers de son volume par

la chaleur de l'eau bouillante. S'il étoit poſſible de meſurer toutes les bulles qui viennent ſe diſſiper à la ſuperficie d'une pinte d'eau que l'on fait bouillir juſqu'à ſiccité, & qu'on les additionnât pour en avoir le volume total, quand bien même on rabattroit un tiers de la ſomme, on ſe perſuadera ſans peine, que le reſte repréſenteroit encore une quantité beaucoup au deſſus de celle de l'air qu'on peut raiſonnablement attribuer à l'eau. (*a*)

La ſixiéme Expérience, en nous montrant que les liquides mêmes les plus peſans ſont ſuſceptibles d'ébullition, nous fait voir auſſi que ce qui les met en cet état, n'eſt point de l'air qui ſe dégage de leur intérieur : outre que l'œil peut ſuivre ces bulles tranſparentes depuis le fond du vaſe où l'on voit qu'elles prennent naiſſance, juſqu'à la ſuperficie de la liqueur où elles ſe diſſipent, il eſt évident qu'elles ne ſont formées par

(*a*) Par les Expériences de M. Halles, il paroît que l'air contenu dans l'eau égale à peine la cinquante-quatriéme partie du volume, *Stat. des Veget. ch. 6. p.* 156. & par les miennes, il m'a paru qu'on pouvoit l'évaluer à $\frac{1}{30}$. *Mém. de l'Acad. des Sc.* 1743. *p.* 215.

aucun fluide capable, comme l'air, de remplir une veſſie ; puiſque celle de Carpe qui eſt liée au bout du tube, ne paroît point du tout gonflée après l'opération, & qu'elle ne l'eſt même dans le tems qu'on chauffe l'inſtrument, qu'autant qu'il convient qu'elle le ſoit par la dilatation du peu d'air contenu au deſſus du mercure dans la boule & dans le tube.

M. Muſchenbroek a ſi bien ſenti la difficulté, ou plutôt l'impoſſibilité d'expliquer l'ébullition des liqueurs par la dilatation de l'air qu'elles renferment, qu'il a pris le parti d'attribuer cet effet à *un fluide élaſtique*, qui eſt répandu dans l'atmoſphére terreſtre, & qui paſſe de-là dans tous les autres corps, mais qui n'eſt point de l'air (groſſier,) quoiqu'il lui reſſemble, dit-il, à bien des égards. * Je n'ai garde de conteſter l'exiſtence de ce fluide, qui nous eſt indiqué par tant de maniéres différentes, & que j'ai admis moi-même ſous le nom d'air ſubtil. * Mais s'il faut autre choſe pour faire bouillonner une liqueur, que la matiére du feu qu'on voit aſſez clairement paſſer par les pores du vaiſſeau ; comme je vois une infinité de bouillons partir du même

* *Eſſai de Phyſ. t. 1. p. 436.*

* *Tom. 2. pag. 457. & ſeq.*

point de la surface solide, & que ces bouillons naissent toujours par l'endroit le plus exposé au feu, je ne puis sans peine les attribuer à des portions de ce fluide élastique, qu'on suppose répandu dans la masse, & qui n'attend, pour se dilater, qu'un certain degré de chaleur.

J'aimerois mieux croire que le vaisseau recevant par l'endroit qui touche le feu, plus de chaleur que n'en peut soûtenir de l'eau, par exemple, tant qu'elle est en état de liqueur, la premiére couche, qui est appliquée à cette partie trop chaude du vase, se convertit en vapeur, & que plusieurs portions semblables de vapeur dilatée par l'abondance du feu qui pénétre le vase, soulévent brusquement la masse qui les environne de toutes parts, & gagnent par leur légereté la superficie où elles se dissipent; quand il tombe une goute d'eau sur un fer chaud, dans l'espace de quelques instans fort courts, elle est évaporée; mais avant que de l'être, elle forme plusieurs petits bouillons qui crévent dans le moment même qu'ils paroissent : creveroient-ils de même, s'ils étoient appuyés par

une maſſe fluide plus denſe que l'air, & preſque auſſi chaude qu'eux-mêmes? Je ne le crois pas: j'imagine plutôt, que cédant au feu qui les pouſſeroit, & qui les auroit enflées, ces petites bouffées de vapeur s'enfonceroient dans le liquide, dont elles ſeroient couvertes, qu'elles en feroient voir la continuité interrompue, & qu'étant beaucoup plus légéres que lui, elles iroient promptement ſe diſſiper à ſa ſuperficie. Or la partie d'un vaiſſeau la plus expoſée au feu, peut être comparée au fer chaud, dont je parle, & la couche de liqueur qui s'y trouve appliquée à chaque inſtant, peut éprouver le même ſort que la goute d'eau qui s'évapore.

Si l'on ne voit pas bouillir l'eau du petit matras plongé dans le vaſe cylindrique de la cinquiéme Expérience, c'eſt apparemment parce que les rayons de feu diviſés & amortis, pour ainſi dire, en traverſant l'eau, qui eſt entre le fond du vaiſſeau & le matras, ne font que tranſpirer à travers l'épaiſſeur de celui-ci, & n'ont pas la force de ſoulever & de faire bouillonner la portion d'eau qu'il contient. Ajoûtez

à cette raiſon, que ce petit vaiſſeau plongé ne pouvant jamais recevoir que le degré de chaleur de l'eau bouillante, n'a pas tout-à-fait celui qu'il faut, pour convertir en vapeur dilatée aucune partie de celle qu'il renferme, comme il eſt très-probable que cela arrive à l'égard du vaſe cylindrique expoſé immédiatement au feu.

On m'objectera peut-être que ſi le matras plongé dans l'eau bouillante contenoit au lieu d'eau, de l'eſprit-de-vin; cette derniére liqueur ne manqueroit pas de bouillir: ce qui ſemble prouver que les rayons de feu, en traverſant l'eau qui bout, ne s'amortiſſent pas, comme je le ſuppoſe; puiſqu'ils pénétrent encore le ſecond vaiſſeau avec toute la force qu'il faut, pour exciter l'ébullition.

L'ébullition de l'eſprit-de-vin; oui: mais non celle de l'eau; à moins que cette eau, par quelque cauſe que ce puiſſe être, ne ſoit plus facile à ſoulever & à convertir en vapeur, que celle dans laquelle elle eſt plongée.

On a dû voir par les deux derniéres Expériences, que toutes les liqueurs ne bouillent point au même degré de

chaleur. Comme il en faut moins pour l'eau que pour le mercure, aussi en faut-il moins pour l'esprit-de-vin que pour l'eau; ainsi la chaleur de l'eau qui bout, quoiqu'un peu moindre que celle qui enfle ses bouillons, peut suffire pour faire naître dans une liqueur plus légére, ou plus évaporable, de ces petites bouffées de vapeur qui soulévent la masse, & qui font ce qu'on nomme bouillonnement. Dans une expérience de la douziéme Leçon l'on a vû bouillir de l'eau par la chalèur d'un bain d'eau non bouillante : c'est que ce degré de chaleur trop foible, pour exciter des bouillons dans une masse d'eau chargée du poids de l'atmosphére, suffisoit, pour en faire naître, dans une autre masse, de pareille eau, sur laquelle la pression de l'air étoit nulle, ou à peu près.

Je ne dissimulerai pas cependant, qu'en répétant cette expérience, j'ai souvent remarqué que les bouillonnemens recommençoient à chaque coup de piston, quoique le vaisseau, qui contenoit l'eau, cessât d'être plongé dans son bain.

Il n'est guères possible d'attribuer

ce dernier effet aux rayons de feu qui pénétrent le vaiſſeau du-dehors au-dedans, & qui ſoulévent des liqueurs : mais pourvû que cette liqueur ſoit ſoulevée par un fluide tranſparent & ſans couleur, qui cauſe des interruptions dans le volume, & qui s'éléve précipitamment à la ſuperficie; il n'importe quel ſoit ce fluide, la liqueur bouillira, ou paroîtra bouillir; or je ſçais, à n'en pouvoir douter, que quand je fais le vuide dans un vaiſſeau, il y rentre à chaque coup de piſton, une matiére ſubtile que je crois être de la nature de l'air; je lui vois ſoulever dans une infinité d'endroits la couche d'eau que je laiſſe exprès ſur la platine de la machine pneumatique, & je préſume de-là, que dans le cas dont il s'agit, cette même matiére paſſe en plus grande abondance, & plus rapidement à travers les pores du matras qui contient l'eau, d'autant plus que ces pores ſont dilatés par la chaleur du bain; en paſſant ainſi, elle ſupplée aux rayons de feu qui ne ſubſiſtent plus.



APPLICATIONS.

DE tout ce qui vient d'être dit, on peut tirer trois conſéquences. 1°. Que l'ébullition eſt le dernier terme de la liquidité; c'eſt-à dire, qu'un corps fuſible ſe liquéfie par degrés, juſqu'à ce qu'il bouille; puiſqu'il ne parvient à cet état, qu'autant que la matiére du feu le pénétre, & le diviſe de plus en plus.

2°. Que les matiéres fondues ou liquéfiées par l'action du feu, continuent de s'échauffer, juſqu'à ce qu'elles bouillent, & qu'au delà de ce terme leur chaleur n'augmente plus.

3°. Que l'ébullition n'eſt pas toujours l'effet du feu, mais en général celui d'un fluide quelconque, qui s'inſinue & ſe pelotonne, pour ainſi dire, dans une liqueur, qui la ſouléve bruſquement, & qui en fait voir la continuité interrompue.

La cire, la graiſſe des animaux, les gommes, les réſines amollies par un feu lent, nous laiſſent appercevoir pluſieurs degrés de liquidité, par leſquels elles paſſent, avant que d'arriver au dernier; & dans chaque art où l'on employe

employe ces matiéres, l'ouvrier eſt attentif à ſaiſir celui qui convient le mieux à ſes vûes : le Chandelier, par exemple, ſe garde bien de plonger ſes méches dans du ſuif trop chaud ; celui qui fabrique les cierges, ne verſe ſur les ſiennes que de la cire à peine fondue ; & avec ces attentions l'un & l'autre viennent à bout d'appliquer en peu de tems couche ſur couche, ce qui ne ſe feroit pas, ſi la matiére étoit trop liquide. On doit chauffer avec ménagement les maſtics qui ſont compoſés de cire, de poix, de réſine, &c. mêlées avec quelque poudre peſante, comme la cendre, ou le ciment ; parce que, quand on pouſſe la fuſion trop loin, la partie graſſe devient ſi liquide, que la matiére peſante qu'on y a mêlée, pour donner de la dureté & de la conſiſtance, s'en ſépare, & tombe au fond du vaiſſeau.

Le beurre & les graiſſes que l'on fait fondre dans les cuiſines, bouillent ordinairement aſſez vîte, & avec beaucoup de bruit ; parce que ces matiéres ſe trouvent preſque toujours mêlées avec des parties d'eau, ou avec quelques jus d'herbes ; dès qu'elles ont atteint

un certain degré de chaleur, (qui ne les feroit pas bouillir cependant, si elles étoient pures ;) l'humidité qu'elles couvrent, ou qu'elles renferment, se convertit en vapeur dilatée, & forme une infinité de vésicules qui crévent avec éclat.

Il y a des matiéres qui passent tout d'un coup de la consistance de solide, à une liquidité, qui paroît aussi complette qu'elle puisse l'être, quoiqu'il y ait encore loin de cet état à l'ébullition : telle est l'eau, par exemple, qui dans le moment qu'elle cesse d'être de la glace, est sensiblement aussi fluide, qu'elle paroît l'être, quand elle commence à bouillir : ces deux termes comprennent cependant 80 degrés entre eux ; tels sont aussi la plûpart des métaux qui coulent aussi-bien dans les premiers instans de leur fusion, qu'après avoir souffert un plus grand feu. Il est probable néanmoins que ces matiéres, comme toutes les autres, se liquéfient de plus en plus jusqu'à un certain point, que leurs molécules se divisent & se subdivisent à mesure que le feu les pénétre ; mais apparemment que leurs parties, lorsqu'elles com-

mencent à se désunir, sont déja si petites, que chacune d'elles échape à nos sens ; au lieu que dans la cire, dans les résines, dans les gommes, &c. que l'on fait fondre, la désunion se fait de loin en loin, & nous laisse appercevoir les portions de matiére qui changent de position respectivement les unes aux autres.

Il paroît qu'après l'ébullition commencée la chaleur ne fait plus de progrès, non-seulement dans l'eau, comme nous l'avons déja remarqué en plusieurs endroits, mais généralement dans tous les corps qui peuvent se liquéfier : ainsi quand on est parvenu à faire bouillir de l'huile, de la cire, du soufre, du mercure, &c. en les chauffant, on a fait prendre au liquide toute la chaleur dont il est susceptible, les circonstances restant les mêmes. On ne doit pas confondre à cet égard l'ébullition avec la simple liquéfaction, comme je vois qu'on a fait dans quelques ouvrages modernes, ni dire spécialement que les métaux ne s'échauffent plus après la fusion : il n'y a point de Fondeur qui ne sçache le contraire, & qui ne se repente de tems en tems

d'avoir coulé ſa matiére trop ou trop peu chaude : la beauté des miroirs qu'on fait ſervir aux téleſcopes, dépend moins de la compoſition du métal, (qui n'eſt plus un ſecret,) que du degré de chaleur dans lequel il faut ſaiſir la matiére en fuſion, pour la jetter dans le moule : enfin quelle différence n'y a-t-il, pas par rapport au degré de chaud, entre l'eau qui ceſſe d'être de la glace & celle qui commence à bouillir?

On ne voit pas communément que l'action du feu faſſe bouillonner les métaux fondus dans le creuſet : & ce n'eſt pas leur peſanteur ſeule qui met obſtacle à cet effet, comme on le pourroit croire, puiſque le mercure, qui ne le céde qu'à l'or pour le poids, bout autant que les autres liquides, lorſqu'il eſt chauffé ſuffiſamment. Mais s'il eſt vrai, comme il y a toute apparence, que l'ébullition d'une liqueur chauffée ſoit cauſée par des petites portions de la maſſe que le feu convertit en vapeur & qu'il dilate ſubitement en forme de groſſes bulles, il eſt tout ſimple que la ſeule action du feu ne cauſe dans le métal fondu aucun ſou-

lévement de cette eſpéce; car on ſçait que les métaux ne s'évaporent qu'en ſe décompoſant, & que ces altérations, quand elles arrivent, commencent par la ſuperficie : l'étain ſe calcine, le plomb devient litarge, le cuivre & le fer ſe couvrent de ſcories : tout cela ſe fait à la vérité par l'évaporation des ſoufres & des parties graſſes, mais la vapeur qui en réſulte, ne part point du fond du vaiſſeau, comme il faudroit qu'elle en vînt, pour ſoulever la maſſe & cauſer des bouillonnemens.

Ce qui prouve bien que le métal en fuſion eſt auſſi propre à bouillir que tout autre liquide, pourvû que le feu en le pénétrant, y trouve quelque matiére, qui puiſſe devenir vapeur, & s'enfler, c'eſt qu'il n'y en a aucun qui ne bouille fortement, lorſqu'on y plonge un corps capable de s'y brûler & de fumer, un morceau de bois, par exemple, ou quand on le verſe dans un moule qui contient quelque humidité : ſi la vapeur eſt abondante, ou dilatée par un grand degré de chaleur, comme il peut arriver, quand c'eſt du cuivre ou du fer que l'on

coule, ces bouillonnemens ſont plus que ſenſibles, ils ſont dangereux, car ils peuvent faire jaillir au loin la matiére ardente qui les enveloppe.

L'ébullition d'un fluide qui s'échauffe, n'eſt pas toujours cauſée par le feu qui paſſe du-dehors au-dedans; c'eſt quelquefois par une chaleur inteſtine, par une fermentation, que certaines parties ſe dilatent ſubitement & plus fortement que les autres, qu'elles deviennent des globules de vapeur, & qu'elles s'enflent: alors la maſſe eſt ſoulevée & interrompue par des bouillons, comme ſi cet effet venoit du fond & des parois d'un vaiſſeau expoſé au feu; c'eſt ainſi que le vin nouveau bout dans la cuve; c'eſt ainſi qu'on voit bouillir l'eau dans laquelle on fait éteindre de la chaux.

Enfin une matiére fondue par l'action du feu, & qui bout pendant un certain tems, perd ſenſiblement de ſa maſſe, ou s'évanouit totalement, c'eſt le dernier effet qui nous reſte à examiner.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

IL faut bien broyer & mêler enſemble trois gros de ſalpêtre fin, bien ſéché, deux gros de ſel de tartre, & pareil poids de fleur de ſoufre; le tout ſera mis dans une cuillier de fer que l'on poſera ſur des charbons médiocrement allumés: *Voyez la Fig.* 19.

EFFETS.

A meſure que ce mêlange s'échauffe, on le voit ſe rouſſir, & enſuite ſe noircir par les bords; il devient liquide, & il fume un peu; on apperçoit quelques petites flammes bleues à la ſuperficie: & un inſtant après il ſe diſſipe ſubitement & totalement avec un bruit effroyable.

EXPLICATION.

LES changemens de couleur, la vapeur, & la petite flamme qu'on apperçoit à la ſuperficie du mêlange, tandis qu'il continue de s'échauffer, viennent principalement du ſoufre qui ſe fond, & qui brûle plus aiſément

que le salpêtre & le sel de Tartre. Le soufre fondu aide & accélère la fusion des deux autres matiéres, qui s'en iroient aussi en vapeurs & en flamme, à mesure qu'elles se fondroient, si elles n'étoient pas plus fixes que lui. Mais comme elles ne doivent céder qu'à un degré de chaleur beaucoup plus grand, & que l'explosion des parties de feu renfermées dans les corps, est toujours d'autant plus forte qu'elle a été retardée davantage, comme nous l'avons déja observé; ces trois matiéres fondues, intimement mêlées & chauffées au-delà de ce qu'elles peuvent l'être, sans se dissiper, s'enflamment & s'évaporent toutes à la fois, & avec une extrême violence; l'air frappé subitement par un grand volume de flamme & de vapeur, retentit à proportion de la secousse qu'il reçoit.

Il y a bien de l'apparence que le sel de Tartre, qui entre dans la composition de cette poudre *fulminante*, est la principale cause de son impétueuse inflammation : étant plus fixe que les deux autres matiéres auxquelles il se trouve uni, c'est lui probablement qui retarde leur dissipation, & qui donne

le

le tems aux parties de feu qu'elles renferment de ſe déployer toutes enſemble, & avec toute leur force. Ce qui rend cette conjecture très-probable, c'eſt que le fer & l'or deviennent auſſi *fulminants*, lorſqu'ayant été diſſous par l'eau régale, & précipités en poudre fine par une forte leſſive de ſel de Tartre, on les expoſe au feu dans une cuillier, ſur une pelle de fer, ou ſimplement ſur le bout d'une lame de couteau.

Quand on fait ces ſortes d'expériences, il faut ſe tenir un peu à l'écart, de peur que la vapeur enflammée, ou quelque partie de la matiére encore en grumeaux, ne jailliſſe au viſage, ou dans les yeux, ce qui ſeroit d'une dangereuſe conſéquence : on doit auſſi prendre garde que le feu ne ſoit pas trop ardent ; car ce qui touche le fond de la cuillier ſe trouvant trop tôt fondu, & aſſez chaud pour partir, il n'y auroit que cette portion qui feroit effet, le reſte ſeroit ſimplement chaſſé, ſans fulminer.

APPLICATIONS.

ON peut regarder comme une ré-

gle générale que toute matiére, de quelque nature qu'elle ſoit, peut faire des exploſions violentes & fulminer, ſi elle eſt capable de ſe convertir ſubitement & totalement en vapeur ou en flamme, ou bien ſi elle eſt contenue de maniére que ſes parties expoſées à l'action du feu, ne puiſſent céder que toutes enſemble : il m'eſt arrivé quelquefois de lâcher un peu trop tôt la vis qui retient le couvercle de la marmite de Papin, dont j'ai parlé dans la douziéme Leçon : * l'eau qui y étoit renfermée, & qui avoit encore aſſez de chaleur pour s'évaporer en totalité, eſt ſortie alors comme un ſouffle impétueux qui ne dura pas plus qu'un éclair, & qui eût ſans doute jetté fort loin le couvercle, s'il eût été entiérement libre. De pareils effets ont fait dire à d'habiles Phyſiciens, que par le moyen de la vapeur de l'eau fortement dilatée, on feroit ſauter les murs d'une ville, comme on le fait avec la poudre à canon, ſi cette dilatation pouvoit ſe faire auſſi promptement, & avec autant de facilité que celle du ſoufre & du ſalpêtre.

* Tom. 4. pag. 40.

Ces deux derniéres matiéres mêlées,

& long-tems broyées avec de l'eau & du charbon de bois, se réduisent en une espéce de pâte, dont on forme des petits grains en les faisant passer par des espéces de cribles : ces petits grains bien séchés sont ce qu'on appelle *poudre à tirer*, ou *poudre à canon*; invention précieuse & utile, si nous n'en abusions pas, & qui feroit trop d'honneur à l'esprit humain, s'il y avoit été conduit, non par le hazard comme il y a tout lieu de le penser, mais par des recherches raisonnées. L'Auteur, le lieu, & le tems de cette belle découverte ne sont pas bien connus; cependant on convient assez communément, que l'usage des armes à feu n'est pas plus ancien en Europe que le commencement, ou même le milieu du quatorziéme siécle (*a*).

La plûpart des Physiciens qui ont parlé de l'explosion de la poudre, ont attribué ce merveilleux effet uniquement à l'air qui s'y trouve comme incorporé par l'action des pilons, & à celui qui remplit les petits espaces que

(*a*) Quand les Européens ont commencé à commercer avec les Chinois, ils y ont trouvé l'usage de la poudre établi.

les grains raſſemblés comprennent entr'eux. » Cet air, diſent-ils, extrêmement & ſubitement dilaté par l'action du feu violent qui agit de toutes parts ſur lui, s'étend avec une incroyable vîteſſe, & chaſſe devant lui tout ce qui lui fait obſtacle. »

Ces raiſons doivent entrer ſans doute dans l'explication des effets de la poudre enflammée ; & je n'ai garde de les conteſter ; mais je ne les crois pas ſuffiſantes, je penſe qu'il faut y en ajoûter quelqu'autre. Une charge de poudre qui s'enflamme feroit-elle fondre du verre ? C'eſt bien tout au plus ; mais le degré de chaleur qu'il faut pour cela, ne peut dilater l'air que des deux tiers de ſon volume ; celui qui ſort d'une arquebuſe à vent, & qui s'étend bien davantage, ne chaſſe pourtant point une balle de plomb à beaucoup près avec autant de force qu'en a cette même balle quand elle ſort d'un fuſil ordinaire.

Je ſçais bien que M. Bernoulli, cité par M. Varignon *, ayant mis le feu avec un verre ardent à quatre grains de poudre, renfermés dans un long tuyau de verre ſcellé par en haut,

* *Mém. de l'Académie des Sciences. 1696, t. 2. pag. 274.*

ouvert & plongé par en bas dans un vaſe plein d'eau, jugea par l'abaiſſement de l'eau dans le tuyau, que cette poudre brûlée avoit rendu un volume d'air égal à 200 de ces grains qu'il avoit enflammé; & je conviens que cette induction, s'il n'y a rien à en rabattre, donne beaucoup de force à l'opinion de ceux qui attribuent à l'air ſeul les grands effets de la poudre. Mais comment accorder cette expérience avec celles de M. Halles*, d'où il conclut avec toutes les apparences de vérité, que les matiéres ſulphureuſes que l'on brûle *abſorbent de l'air, bien loin d'en engendrer*, pour me ſervir des expreſſions de ce célébre Auteur? N'eſt-on pas tenté de croire que dans le tube de M. Bernoulli, il reſte après l'inflammation quelque vapeur qui augmente un peu le volume de l'air, avec lequel elle ſe mêle, & qui fait baiſſer la ſurface de l'eau.

* *Stat. des Végét. c. 6.*

Quoi qu'il en ſoit, une des principales cauſes des effets de la poudre, à mon avis, c'eſt ſa prompte converſion en vapeur, & la dilatation de cette même vapeur par l'embraſement; plus ce changement d'état eſt

prompt & complet, plus l'explosion est forte : le mêlange que nous avons vû fulminer dans la derniére expérience, feroit probablement autant d'effort que la poudre, si dans le moment qu'il éclate il se trouvoit renfermé comme elle au fond d'un canon de métal; & la poudre feroit en plein air autant de bruit que cette composition, si son inflammation étoit instantanée & générale comme la sienne : mais il est visible que les grains ne s'allument que successivement, & par-là leur effort est partagé. Dans une arme à feu, où la poudre est retenue entre la culasse & la bourre, il s'en allume davantage dans un tems fort court; aussi éclate-elle avec plus de force & avec plus de bruit. Comme il faut à la poudre un peu plus de tems pour sortir, d'un long tuyau que d'un plus court, il s'en enflamme davantage, (toutes choses égales d'ailleurs) dans une piéce de canon que dans un mortier, dans un fusil que dans un pistolet; aussi la même mesure de poudre a-t-elle plus ou moins d'effet, tant pour la force, que pour le bruit, selon la longueur de l'arme qui en est chargée.

Puiſque l'inflammation de la poudre eſt plus complette, quand ſa ſortie eſt retardée, il eſt facile de comprendre pourquoi un coup de mouſquet fait plus de bruit, & cauſe plus de recul, quand la charge a été exceſſivement bourrée, ou qu'une balle de calibre a été forcée dans le canon à coups de baguette; car il s'enflamme alors une plus grande quantité de poudre, ainſi l'exploſion doit être plus grande; & comme l'effort de cette matiére enflammée ſe partage entre la bourre & la culaſſe, celle-ci doit en ſoutenir d'autant plus, que l'autre céde moins promptement.

Il s'enflamme encore une plus grande quantité de poudre lorſque la lumiére du canon eſt percée, de façon qu'elle porte le feu à la partie antérieure de la charge; mais les armes alors ont trop de recul, & ſont incommodes dans l'uſage; on aime mieux que le coup ſoit un peu moins fort, & pour cet effet on perce la lumiere des fuſils de chaſſe, à peu près au milieu de l'endroit où ſe loge la poudre.

Mais de quelque maniere que l'on

charge une piéce de canon ou un fusil, il y a toujours une partie aſſez conſidérable de la poudre qui ne prend point feu, & qui eſt chaſſée dehors par celle qui s'enflamme : ce qui le prouve bien, c'eſt qu'on en ramaſſe par terre devant les batteries qui ont tiré un certain tems, & que les grains ſe retrouvent entiers dans la peau des perſonnes qui ont reçû de fort près des coups de feu dans le viſage. Cependant on auroit tort de conclurre de-là, qu'il ne peut s'enflammer qu'une certaine quantité de poudre dans une arme, & que ce qu'on y auroit mis de trop en ſortiroit ſans effet : cette conſéquence qui ſeroit très-dangereuſe dans la pratique, eſt ſouvent démentie par des fuſils qui crévent pour avoir été trop chargés; & l'on eſt dans l'uſage d'éprouver les canons en y mettant double charge, ce qui ſuppoſe, comme il eſt vrai, que d'une plus grande quantité de poudre il s'en enflamme davantage. Ce ſeroit auſſi une économie mal entendue, que de meſurer la poudre qui entre dans une piéce d'artillerie, ſur l'eſtimation de la quantité qui

s'enflamme ordinairement; car jamais tout ne prend feu, d'où il ſuit que le coup ſera trop foible, ſi la charge ne contient que ce qu'il faudroit ſi elle s'enflammoit totalement.

VIII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Choiſiſſez une chandelle de ſuif de 7 à 8 lignes de diamétre, & qui ait déja été allumée. Meſurez-en la longueur, & après l'avoir allumée de nouveau, la méche étant mouchée, examinez-en la flamme dans un lieu où l'air ſoit bien tranquille pendant la nuit, où les fenêtres de la chambre étant fermées, vous obſ.rverez ce qui ſuit.

EFFETS.

1°. Le haut de la chandelle ſe creuſe un peu, & prend la forme d'un petit godet, dont la ſurface intérieure paroît couverte d'une couche légére de ſuif fondu.

2°. Du milieu de cette cavité s'éléve la méche où l'on diſtingue deux

parties, dont une blanche, & une noire : l'une & l'autre ſont baignées de ſuif fondu, mais dans la derniére qui eſt la plus haute, on remarque pluſieurs petits bouillonnemens, ſurtout à l'extrêmité.

3°. La partie noire de la méche eſt enveloppée d'une flamme qui s'éléve d'un pouce ou environ au-deſſus, & qui prend la forme d'une pyramide à peu près conique, dont la baſe ſeroit poſée ſur celle d'un hémiſphere.

4°. Cet hémiſphere de flamme, qu'il faut conſidérer comme étant enfilé par la méche, à la couleur d'un bleu violet : la partie qui eſt immédiatement au-deſſus, eſt d'un blanc un peu roux, & celle qui la ſuit juſqu'à la pointe eſt très-claire & très-brillante.

5°. Mais indépendemment de ces trois parties qu'on peut appeller le corps de la flamme, l'œil attentif apperçoit encore tout autour une petite vapeur enflammée, tantôt plus, tantôt moins étendue, & qui ternit un peu le ſommet de la pyramide.

6°. Quand la chandelle a brûlé ainſi pendant un quart-d'heure, ou davan-

tage, on trouve que ſa longueur eſt ſenſiblement diminuée. La partie noire de la méche devient plus longue, & la flamme moins lumineuſe.

EXPLICATIONS.

On me reprocheroit peut-être d'avoir traité ſçavamment des minuties, ſi l'on ne vouloit conſidérer dans les faits dont je viens de faire mention, que le peu de néceſſité qu'il y a de les faire connoître, ou même le peu d'importance dont ils ſont en eux-mêmes; mais ces eſpéces de phénoménes, qui n'en ſont pas, aux yeux du vulgaire accoûtumé à les voir, méritent bien l'attention de ceux qui cherchent à ſe rendre raiſon de tous les effets naturels, rares ou communs, dont la cauſe eſt obſcure. Et ſi pour entrer dans cet examen je me ſuis fixé à l'exemple familier d'une chandelle qui brûle, la moindre réflexion fera voir, qu'en expliquant l'inflammation & la diſſipation d'un peu de coton pénétré de ſuif, je mets mon Lecteur à portée d'entendre celle de toutes les matiéres combuſtibles qui diſ-

paroissent à nos yeux après avoir servi d'aliment au feu.

Lorsqu'on a mis le feu aux fils de cotton qui servent de méche à la chandelle, la chaleur qui en résulte fait fondre les premiéres couches de suif & les convertit en une liqueur qui se porte, par deux raisons, vers la flamme qui est au-dessus ; premiérement parce que les fils de cotton assemblés & un peu torts, font l'office de tuyaux capillaires ou d'éponge ; secondement, l'air étant fort raréfié par le feu dans la partie supérieure de la méche, la pression de celui qui pése au dessous, peut bien faire monter ce qui s'y trouve de liquide.

L'extrêmité de la chandelle étant un cercle de matiére fusible, & la chaleur qui régne dans la méche allumée étant plus près du centre que de la circonférence, il se fait une espéce d'excavation, au fond de laquelle se rassemble le suif à mesure qu'il se fond.

Du suif simplement fondu est encore bien loin du degré de chaleur qu'il lui faut pour bouillir & s'enflammer ; il ne peut l'acquérir que quand

il eſt ſuffiſamment éloigné de la chandelle qui eſt froide ; & voilà pourquoi il y a toujours une partie de la méche qui reſte blanche, qui ne s'allume pas, quoiqu'elle ſoit pleine de matiére combuſtible.

Le ſuif ayant acquis une chaleur ſuffiſante, bout enfin dans la partie ſupérieure de la méche ; & comme le bouillonnement des liqueurs touche de fort près à leur évaporation, cette matiére ſe convertit en vapeur & ſe diſſipe : c'eſt pourquoi après un certain tems la chandelle paroît ſenſiblement diminuée, & de poids & de longueur.

Quand des parties graſſes ſont ainſi diviſées & réduites en vapeur, il ne leur manque plus qu'un petit degré de feu pour s'enflammer, comme on le peut voir en approchant une chandelle allumée d'une autre chandelle qu'on vient d'éteindre, *Fig.* 20. Quant à l'inflammation qui continue de faire briller la vapeur, je crois qu'elle vient du feu qui ſe développe des parties mêmes de la matiére évaporée, & qui éclate avec d'autant plus de force, qu'il a eû beſoin d'être excité plus

fortement pour en ſortir.

Si tout ce qui compoſe une chandelle & ſa méche étoit également combuſtible, & que toutes les parties qui s'exhalent en vapeurs, fuſſent au degré de chaleur qu'il faut pour les embraſer, la flamme ſeroit toute d'une même couleur, elle ſeroit également brillante dans toutes ſes parties : mais les matiéres les plus inflammables ſont toujours mêlées de quelqu'autre ſubſtance qui ne l'eſt point, ou qui l'eſt moins. Le ſuif & la méche que l'on fait brûler, par exemple, outre la partie purement combuſtible, qui fournit une flamme brillante & pure, contiennent des particules aqueuſes, & d'autres encore plus groſſiéres qui ne peuvent produire que de la fumée ou du charbon; de-là viennent la noirceur de la méche, & cette couleur rouſſe qu'on remarque à la pointe de la flamme, & un peu au deſſous du milieu. Ces fuliginoſités peuvent encore légitimement s'attribuer aux parties graſſes mêmes qui ſurabondent dans la flamme, & qui n'y font que paſſer ſans s'y allumer, ſoit parce qu'elles n'ont

point acquis un degré ſuffiſant de chaleur, ſoit parce qu'elles ne ſont pas atténuées au point où elles doivent l'être pour prendre feu.

Quant à la couleur bleue ou violette que prend la flamme de la chandelle dans ſa partie la plus baſſe, on peut l'attribuer au ſoufre qui ſe conſume, ſoit que ce ſoufre ſe trouve naturellement dans le ſuif & dans le cotton, ſoit qu'il s'y compoſe par l'union de quelque acide avec la partie graſſe.

La flamme d'une chandelle eſt donc un fluide embraſé & lumineux, qui tend à s'étendre & à ſe diſſiper; comme ſa tendance n'eſt pas déterminée vers un point plutôt que vers l'autre, nous devons croire qu'il prendroit de lui-même une figure ſphérique, ou à peu près, ſi des cauſes extérieures ne l'obligeoient à ſuivre une certaine direction, & ne changeoient l'arrangement naturel de ſes parties. Cette vapeur ardente eſt plongée dans l'air, autre fluide plus peſant qu'elle; ſelon les loix de l'hydroſtatique elle doit ſe porter de bas en haut, comme elle fait, par ſa légereté reſpective, de

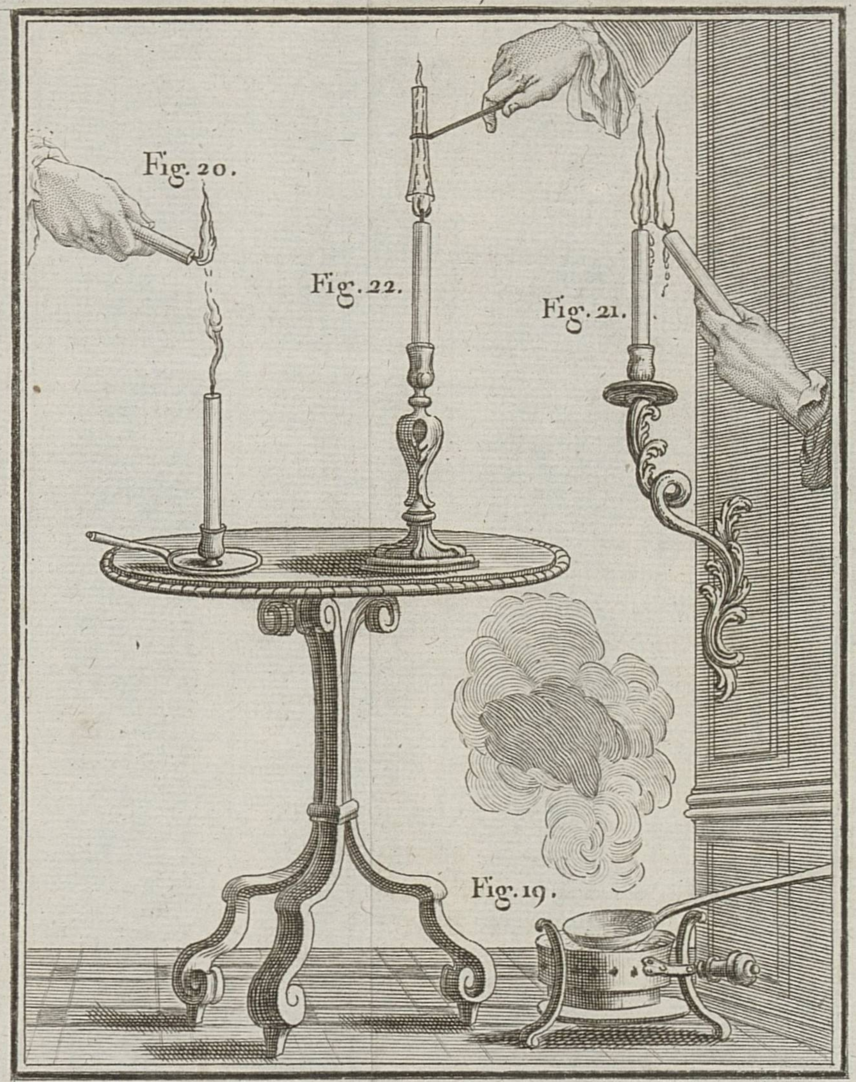
ſorte que ſi la vapeur embraſée & détachée de la méche n'étoit pas ſuivie ſans interruption par d'autres portions de vapeur ſemblables, on ne verroit qu'une petite flamme preſqu'arrondie de toutes parts, s'élever environ à la hauteur d'un pouce, & s'éteindre preſque auſſi-tôt. Mais comme l'écoulement & l'embraſement ſont continuels, on devroit voir la flamme ſous la forme d'un cylindre, terminé en haut par une convexité, & nous pouvons préſumer qu'elle auroit effectivement cette figure, & non celle d'une pyramide à peu près conique, qu'on lui voit preſque toujours, ſans une autre cauſe dont je vais faire mention.

L'étendue de la vapeur qui s'exhale autour & par l'extrêmité de la méche, n'eſt pas bornée à ce que nous voyons de lumineux, & que nous appellons la flamme. Elle va plus loin, & par le haut ſur-tout, on s'en apperçoit à pluſieurs pouces de diſtance. Pourquoi donc cette vapeur une fois allumée ne conſerve-t-elle pas ſon inflammation & ſa lumiére autant qu'elle a d'étendue? c'eſt qu'à meſure

mesure qu'elle s'étend, elle devient plus rare, & par-là plus susceptible d'être refroidie & éteinte par l'air qui l'environne, de sorte qu'il n'y a que le noyau, pour ainsi dire, la partie la plus dense qui résiste à ce refroidissement, & qui conserve assez de chaleur, pour rester enflammée & pour luire. Deux expériences peuvent servir à prouver ceci. 1°. Si l'on approche deux chandelles allumées l'une de l'autre, de maniére qu'il n'y ait que quelques lignes de distance entre les deux flammes; on apperçoit entre-elles une petite vapeur enflammée, *Fig.* 21. qui selon toute apparence, n'est autre chose que la portion éteinte qui reprend feu par le nouveau degré de chaleur, que les deux flammes, en s'approchant, font naître dans l'espace qui les sépare; & cela est d'autant plus vraisemblable, que les deux flammes alors s'allongent considérablement. 2°. Que l'on reçoive la flamme d'une grosse chandelle dans un tuyau de verre mince qui ait 7 à 8 lignes de diamétre, & environ quatre pouces de longueur, *Fig.* 22. On la voit aussitôt s'allonger considérablement, ayant

presque autant de volume en haut qu'en bas, apparemment, parce que gardant mieux sa chaleur dans ce tuyau qui s'échauffe lui-même, que dans l'air qui se renouvelle continuellement, les parties enflammées demeurent plus long-tems dans cet état.

Il paroît donc certain que le volume de la flamme est restraint & diminué par le refroidissement que lui cause l'air ambiant. Mais comme cette flamme est un véritable écoulement, un fluide qui partant de la méche s'avance de bas en haut, dans un autre fluide qui le refroidit, & qui en éteint toujours des portions; il est comme évident que la partie inférieure, celle qui s'enflamme actuellement, doit être plus grosse que les autres qui sont au-dessus, qui ont déja souffert des refroidissemens, des extinctions; on conviendra aussi que la flamme doit diminuer de grosseur de plus en plus à mesure qu'elle monte, puisqu'en montant elle fait toujours de nouvelles pertes. Représentez-vous un cylindre posé verticalement, dont on retrécit de plus en


Fig. 20.
Fig. 22.
Fig. 21.
Fig. 19.

plus le diamétre depuis la baſe juſqu'en-haut; que doit-il reſter après ces retranchemens, ſinon une pyramide conique, ou une figure telle que nous la repréſente la flamme d'une chandelle?

Si vous ajoûtez encore au refroidiſſement cauſé par l'air le frottement que doit éprouver un fluide qui en pénétre un autre; vous concevrez aiſément que, ſi celui qui ſe meut, devoit être, ſelon l'origine de ſon écoulement, un jet cylindrique, il s'amincit & devient pyramidal par les ralentiſſemens ſucceſſifs que ſouffrent les parties de ſa ſurface, de la part du fluide ambiant; telle eſt la figure que nous repréſente l'eau qui traverſe l'air, après être ſortie d'un vaiſſeau, dont le fond eſt percé d'un trou rond. *Fig.*23. Rien n'empêche de penſer que la flamme éprouve de pareils frottemens, en s'élevant dans l'air, & que cette cauſe concourt, & ajoûte à l'effet, dont il eſt ici queſtion.

Enfin la partie noire de la méche devient plus longue, parce que le feu ſuit l'abaiſſement du bout de la chandelle qui s'uſe, en lui fourniſſant ſon aliment, & la lumiére devient terne,

parce que le fluide lumineux eſt alors interrompu par un gros charbon noir qui ralentit ſon activité.

APPLICATIONS.

ON appelle communément matiéres *combuſtibles* ou *inflammables* toutes celles que le feu détruit, après les avoir fait briller ſous la forme de flamme ou de charbons ardens; telles ſont la plûpart des ſubſtances végétales, animales, & une partie des foſſiles: mais comme preſque tous les corps que l'on fait brûler, ne ſe conſument point entiérement, & qu'outre la fumée qui ne diſparoît pas auſſi-tôt que la flamme, il reſte encore des parties fixes qu'on nomme *cendres*, & ſur leſquelles il ſemble que le feu n'ait plus aucun pouvoir; on a conſidéré tous les mixtes qui peuvent s'allumer, comme renfermant en eux une certaine matiére, ſeule capable de prendre feu & d'entretenir l'inflammation, & que l'on a nommée pour cette raiſon *aliment du feu*, *pabulum ignis*. Boerhaave, & avec lui pluſieurs habiles Phyſiciens attribuent cette propriété à l'huile, qui entre comme principe dans preſque tous

les mixtes & ſur-tout dans ceux du régne végétal & du régne animal; de ſorte qu'un corps eſt plus ou moins combuſtible, ſelon que la doſe de ce principe y eſt plus ou moins grande; c'eſt pour cela, dit-on, que les matiéres graſſes ou huileuſes s'allument plus facilement que les autres, & ſe brûlent d'une maniére plus complette.

On ne peut nier que cette doctrine ne s'accorde fort bien avec ce que nous voyons tous les jours: mais en recevant cette vérité, devons-nous y mettre la préciſion avec laquelle il ſemble qu'on nous l'offre? l'huile légére & volatile eſt-elle la ſeule matiére vraiment inflammable? les autres principes auxquels elle eſt unie, ne le ſeroient-ils pas auſſi par un degré de feu plus conſidérable que celui qui ſuffit pour elle? L'idée que je me ſuis faite de l'état naturel du feu dans les corps, me détermine pour l'affirmative, & pour juſtifier mon opinion, qui paroîtra peut-être un peu ſinguliére, il faut que je réſume ici en peu de mots ce que j'ai déja inſinué en pluſieurs endroits de cette Leçon, & de la précédente.

Je pense, comme la plûpart des Physiciens d'aujourd'hui, qu'il y a du feu par-tout & en tout : que cet élément occupe les vuides que laissent entre elles les molécules d'un corps solide ou fluide, & qu'il les distend plus ou moins, selon le degré actuel de son activité. Outre ce feu, qu'on peut regarder comme ambiant par rapport aux petites masses, qui composent un corps, je crois encore que la plus petite portion de matiére, de quelque espéce qu'elle soit, (j'en excepte seulement les atômes, s'il y en a,) renferme au-dedans d'elle-même un peu de ce même feu, qui ne peut se mettre en liberté, se déployer, & briller, qu'après avoir rompu son enveloppe, mais qui ne la rompra & n'en dissipera les parties, qu'après qu'il aura reçû un degré de force proportionné & supérieur à la résistance des liens qui le retiennent. Or comme les parties de la matiére sont plus ou moins difficiles à désunir suivant l'espéce, dans un mixte qu'on fait brûler, les molécules d'un certain ordre pourront céder à la puissance interne, qui tend à les dissiper, parce que le degré de feu qui régne

actuellement dans la masse totale, suffit pour occasionner cet effort victorieux, tandis que d'autres résisteront, non qu'ils ne renferment aussi une pareille cause de désunion, mais seulement parce que cette cause n'a pas reçû du feu qui agit au-dehors, une intensité suffisante, pour avoir son effet.

Ainsi tout est inflammable en ce sens : le charbon qui reste simplement rouge, lorsqu'il est allumé, demeure en cet état, parce que de couche en couche, le feu renfermé dans les molécules de la superficie, se développe lentement, & ne fait que dissoudre des parties qui ont peine à se quitter, & qui lui résistent bien autrement que celles qui se sont d'abord évaporées en flamme & en fumée; le sel même & la terre qui font la cendre de ce charbon brûlé, & qui se présentent presque toujours sous la forme & la couleur d'une poudre grise, rougiront aussi comme le charbon, si l'on y applique un degré de feu qui anime suffisamment celui qui est retenu dans ces parties fixes, & qui le fasse briller à travers de ses enveloppes. Disons plus, je suis persuadé que l'eau même

deviendroit ardente & brillante de lumiére, si les parties élémentaires qui composent ses molécules, & que je suppose aussi renfermer entr'elles une petite portion de feu, pouvoient se désunir avec autant de facilité, que les molécules mêmes en ont à quitter la masse, pour s'évaporer.

Quoi, dira-t-on, l'eau est aussi l'aliment du feu ?

Ne disputons point des mots : si l'on entend, par aliment du feu, ce qui s'enflamme le plus aisément, ce qu'il y a de plus propre à entretenir ou à augmenter ces embrasemens dont nous faisons ordinairement usage dans nos cuisines, ou pendant la nuit pour nous éclairer; certainement les matiéres grasses, spiritueuses, sulfureuses, ce qui en contient une grande quantité, méritent ce nom par préférence à tout : mais si l'on attache à cette expression une idée plus étendue, qu'on appelle aliment du feu, une matiére que cet élément puisse dissoudre, une matiére que l'action du feu puisse faire paroître toute embrasée, une matiére enfin dont une plus grande quantité fasse un plus grand feu, quand toutes ses

parties

parties ſont animées du même degré de chaleur, j'avoue que je ne connois point de corps à qui je me croye en droit de refuſer ce nom. Un grain de ſable & une petite goutte d'huile contenant l'une & l'autre une portion de feu, je crois voir clairement que cette cauſe interne opérera la diſſolution de ces deux petits êtres, quand elle aura acquis aſſez de force, pour vaincre la ténacité de leurs parties; avec cette différence ſeulement que l'huile cédant plus aiſément, ſe diſſipera en une vapeur lumineuſe; au lieu que le ſable plus fixe s'entr'ouvrira, pour laiſſer briller au-dehors le feu qu'il renferme, & ſe diviſera en une infinité de parties qui ne ſe diſſiperont point.

La couleur de la flamme varie ſuivant les différentes matiéres que l'on brûle, l'eſprit de vin pur, & en général celui que l'on tire de tous les végétaux, donne une flamme légère & d'un blanc brillant; celle de l'huile & de la graiſſe eſt un peu jaune, & celle du ſoufre eſt bleue; quand on allume un corps mixte qui contient de toutes ces matiéres, la flamme qui s'en éléve, doit participer plus ou moins de tou-

tes ces nuances qui se combinent encore avec des traits de vapeur noire ou de fumée ; en voilà assez pour rendre raison de toutes ces couleurs qu'on observe dans la flamme d'un fagot ou d'une bûche bien allumée.

A l'occasion de l'expérience rapportée ci-dessus de la flamme d'une chandelle, qui remplit presqu'entiérement un tube de 3 ou 4 pouces, je remarquerai que le feu qu'on fait dans l'âtre d'une cheminée, ne devient dangereux que quand la flamme s'éléve assez pour entrer dans le tuyau : car alors il ne faut plus estimer sa hauteur, suivant celle qu'elle auroit hors de cette circonstance ; il faut penser qu'elle s'allonge considérablement par les raisons que j'ai dites, & qu'elle est à portée d'allumer la suye jusqu'à une très-grande distance.

Quand on fait une lampe avec de l'esprit-de-vin bien déflegmé, la méche, si elle est de coton, ne se convertit point en charbon noir, comme celle d'une chandelle, ou d'une lampe d'huile, parce que la flamme est trop légère & trop évaporable; aussi n'est-il pas nécessaire qu'une méche brûle, pourvû

qu'elle ſoit toujours imbibée de la matiere qui doit entretenir la flamme ; on voit par-tout des réchauds d'eſprit-de-vin, dont les méches ſont faites de petites lames d'argent liées en faiſceaux, & un peu éparpillées par le haut.

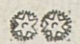
Les méches trop longues ou trop lâches font fumer les lampes, parce qu'elles fourniſſent au feu plus de matiére qu'il n'en peut conſumer ; le ſuperflu ne s'allume point, & s'exhale en fumée noire : les méches trop ſerrées ne pompent point aſſez de matiéres, la flamme languit ; & celles qui ſont trop courtes, portent au feu le ſuif & l'huile, avant qu'ils ayent aſſez de chaleur ; elles ne peuvent réuſſir qu'avec l'eſprit-de-vin, qui s'enflamme lorſqu'il n'eſt encore que médiocrement chaud.

L'expérience de la chandelle nouvellement éteinte, qu'on rallume par ſa vapeur, me donne lieu d'avertir qu'il eſt très-dangereux d'approcher avec une bougie allumée, ou avec toute autre flamme, d'une matiére graſſe, réſineuſe, ou ſpiritueuſe, qui eſt fort chaude, & qui fume ; le feu pouroit y prendre de fort loin, & cauſer bien

du désordre : on ne voit que trop souvent des accidens de cette espéce, surtout depuis que la fabrique & l'emploi des vernis sont devenus la profession, ou l'amusement d'un grand nombre de personnes.

Mais que deviennent enfin tant de matiéres que l'inflammation dissipe & fait disparoître tous les jours à nos yeux, après les y avoir fait briller pendant quelques instans ?

Comme rien ne s'anéantit, & que les espéces ne s'épuisent point, malgré la consommation qui s'en fait tous les jours, nous devons croire que tous ces corps divisés & décomposés par l'action du feu, au point de n'être plus rien de ce qu'ils étoient, quant à la forme sensible, se dispersent dans l'atmosphére, comme dans un grand réservoir, où la nature reprend, selon ses besoins, & selon ses vûes, tous ces matériaux, pour les employer à de nouvelles productions.



IV. SECTION.

Des principaux moyens d'augmenter & de diminuer l'action du feu.

IL eſt ici queſtion du feu uſuel, c'eſt-à-dire, de celui dont nous faiſons communément uſage, de l'embraſement d'une matiére qui ſe diſſipe en flamme & en fumée, & dont il ne reſte que la cendre ou rien après l'inflammation; tel eſt un feu de bois, de charbons, d'huile, d'eſprit-de-vin, &c. Quant aux rayons du ſoleil, en faiſant voir dans la Leçon précédente, qu'ils ſont un vrai feu, j'en ai dit aſſez pour faire comprendre que la chaleur qu'ils font naître, doit augmenter à meſure qu'ils ſe raſſemblent en plus grand nombre ſur un même endroit, ce qui dépend de la multiplication, de la grandeur, ou de la perfection des inſtrumens qui les font coincider.

J'obſerverai ſeulement à l'égard des rayons raſſemblés par les miroirs de dioptrique, ou de catoptrique, que l'intenſité de leur action ne croît pas

ſeulement en raiſon de la denſité qu'ils acquiérent en s'approchant de leur foyer commun, mais encore ſelon quelque autre progreſſion que l'on ne connoît pas bien; de ſorte que, ſi l'on diviſoit, par exemple, en parties égales l'axe du cône lumineux, dont la baſe eſt appuyée au miroir, * le même corps placé ſucceſſivement à toutes ces diviſions, n'y prendroit pas des degrés de chaleur toujours proportionnels au nombre des rayons que ſon degré de diſtance lui feroit recevoir : on fera fondre au foyer ou fort près du foyer, un morceau de métal qui ne s'échaufferoit que médiocrement, s'il étoit porté un peu plus loin, où le nombre des rayons qui frapperoient ſa ſurface, ne ſeroit pourtant pas conſidérablement diminué; il ſemble que les rayons, en ſe ſerrant réciproquement, prennent une nouvelle force, indépendamment de celle qui réſulte de leur plus grand nombre.

* 13. *Leçon. Fig.* 10. & 11.

Nous connoiſſons principalement trois matiéres par leſquelles on parvient à augmenter l'action & les effets d'un même feu, je veux dire, d'un feu entretenu avec la même matiére.

1°. En augmentant la quantité de cette matiére, qui lui sert d'aliment; 2°. en concentrant son action, ou en empêchant qu'elle ne s'étende, & ne se dissipe dans un trop grand espace : 3°. en dirigeant vers un même endroit cette action, ou les parties embrasées qui s'exhalent.

La premiere maniére d'augmenter le feu est tellement usitée & connue, que je ne crois pas devoir m'y arrêter; on sçait qu'une botte de paille étant une fois allumée, si l'on y en ajoûte une deuxiéme, une troisiéme ou davantage, le feu s'augmente, & la chaleur s'étend à proportion; cependant il faut faire attention qu'une matiére, quoique choisie dans l'ordre de celles qu'on nomme communément combustibles, ne prend pas toujours feu, & n'augmente pas un embrasement commencé, à moins que le feu auquel on l'ajoûte, ne soit proportionné à son volume, & à son degré d'inflammabilité : inutilement amasseroit-on de très-grosses buches autour d'un très-petit feu de paille, elles n'en seroient que noircies; & nous avons déja remarqué qu'une méche

de coton envelopée par la flamme de l'eſprit-de-vin, ſe conſerve toute entiére. C'eſt qu'il y a des flammes plus chaudes, plus actives les unes que les autres; & pour les entretenir, il faut des matiéres, dont le degré d'inflammabilité leur convienne : ce dégré d'inflammabilité dépend non-ſeulement de la nature du corps combuſtible, mais encore de ſon volume & de ſa denſité. Le bois par lui-même eſt inflammable au point de pouvoir s'allumer par de la paille qui brûle; mais ſi ce bois eſt en groſſes bûches, il faudroit y appliquer un feu de cette eſpéce pendant bien du tems pour l'entamer; car un corps ne s'embraſe qu'après avoir reçû un certain degré de chaleur, & ſi ſa ſuperficie expoſée à une foible flamme, s'entretient froide par la quantité de la maſſe, il n'en réſultera tout au plus qu'une inflammation légère & ſuperficielle.

Ce que je viens d'obſerver, ſuffit pour rendre raiſon de l'extinction d'une bougie, ou d'une chandelle, que l'on tient un moment renverſée, ou que l'on plonge dans une liqueur inflammable, mais froide; de l'extinc-

tion du bois verd médiocrement allumé, dont on ne ſoutient pas l'embraſement par d'autre plus ſec; dans l'un & dans l'autre cas le feu ne manque pas d'aliment; mais dans le premier cet aliment n'a pas le tems de s'échauffer aſſez; & dans le ſecond il ne le peut pas, à cauſe de l'humidité qu'il renferme.

Je paſſe à la ſeconde maniére d'augmenter l'action du feu, & j'entreprends de faire voir qu'une même flamme, ou un même braſier chauffe beaucoup plus, quand ſa chaleur eſt retenue par des obſtacles qui l'empêchent de s'étendre, que quand on la laiſſe libre de ſe répandre au loin & d'une maniére vague.

PREMIERE EXPERIENCE.

Preparation.

A A, *Fig.* 24 eſt un vaiſſeau à peu près cylindrique de Tole ou de Leton, ouvert de toute ſa largeur par en-haut, & en-bas par une petite arcade de 2 pouces $\frac{1}{2}$ de haut ſur 2 pouces $\frac{1}{4}$ de large; outre cela il eſt encore percé de trois autres trous beaucoup plus

petits que le précédent, également espacés sur la rondeur du vaisseau, & tous trois à la hauteur du sommet de l'arcade.

Ce premier vaisseau reçoit successivement deux espéces de capsules, ou cuvettes de métal, qui s'y enfoncent à peu près jusqu'au tiers de sa hauteur; dans l'une des deux on met de l'eau, & dans l'autre du sable bien sec.

On fait passer par l'arcade le canal d'une lampe à trois méches que l'on allume & que l'on tient un peu courtes, & en forme de pinceaux, afin qu'elles ne fument point; le réservoir *B* de cette lampe contient de l'huile d'olives.

Effets.

La capsule pleine d'eau ayant reçû pendant une demi-heure la chaleur de la lampe, si l'on y plonge un thermométre, on s'apperçoit par l'ascension de la liqueur dans le tube, que le degré de chaleur n'est pas fort éloigné de celui de l'eau bouillante.

La cuvette qui contient le sablon, ayant été exposée un pareil tems au feu de la lampe, on voit en y plon-

geant un thermométre de mercure, que le degré de chaleur est plus grand que celui de l'eau précédemment éprouvée.

EXPLICATIONS.

TOUT le monde conviendra volontiers que l'eau & le sable ne se fussent jamais autant échauffés, si l'on se fût contenté de les tenir simplement à 6 pouces au-dessus de trois petites flammes semblables à celles de notre Expérience; il n'est pas douteux que ce grand degré de chaleur que l'une & l'autre ont reçû, ne soit dû principalement au soin qu'on a pris de renfermer ce petit feu dans le vaisseau cylindrique, qui portoit la capsule; & je vais tâcher d'en exposer les raisons.

Le feu en vertu de sa force expansive, tend à s'étendre de tous côtés: il détermine de même toutes les parties des corps qu'il désunit, & qui s'exhalent avec lui; ainsi les trois petites méches de la lampe, qui brûlent ensemble, doivent être considérées comme le centre d'une sphére d'activité, dont les rayons vont frapper les parois du vaisseau *A A*, mais à cause de la

forme de ce vaiſſeau les rayons de feu ou de chaleur ſont réfléchis vers l'axe de l'eſpace cylindrique qu'il renferme, & leur action ſe trouvant comme concentrée, en agit avec d'autant plus de force ſur tout ce qui l'environne; de-là il arrive que les parois du vaiſſeau & la cuvette qui le couvre, s'échauffent conſidérablement.

Cette concentration de chaleur ne dépend pas beaucoup de la figure du vaiſſeau; on auroit à peu près le même effet, quand il ſeroit quarré: elle vient principalement de ce qu'on oppoſe un obſtacle aux rayons qui tendent à ſe diſſiper, en ſe prolongeant; & qui ſe diſſipent en effet, quand on leur en laiſſe la liberté, comme l'expérience l'apprend.

La cuvette avec ce qu'elle contient, s'échauffe plus lentement, mais davantage que les parois du vaiſſeau; parce qu'elle oppoſe plus de matiére à pénétrer, & que l'action du feu continuée augmente, comme je l'ai déja fait entendre, à proportion des réſiſtances qu'elle a à vaincre.

C'eſt par cette derniére raiſon que le ſable s'eſt échauffé plus que l'eau;

car le feu qu'il renferme, étant plus lent à ſe metre en action, en devient d'autant plus fort, quand ce qui le retient vient à céder.

APPLICATIONS.

La Chymie, cet art merveilleux, qui ſait approfondir les ſecrets de la nature, en décompoſant ſes ouvrages, employe dans preſque toutes ſes opérations un feu, dont l'action eſt réglée par des fourneaux : & ces fourneaux ne ſont autre choſe que des vaiſſeaux différens entre eux par la matiére, dont ils ſont faits, par leur grandeur, par leur forme, mais qui ſe reſſemblent en ce qu'ils renferment une certaine quantité de matiére embraſée, dont ils retiennent la chaleur, pour l'obliger d'agir ſur quelque ſubſtance qu'on veut chauffer intimement. C'eſt dans un traité de Chymie qu'on doit chercher la conſtruction & les uſages de ces ſortes d'inſtrumens, le choix des matiéres qu'on y doit brûler, & les régles qu'il faut ſuivre, pour obtenir tel ou tel degré de feu relativement aux différentes vûes qu'on s'eſt propoſées. Je me garderai bien d'entrer dans ce dé-

tail, qui m'écarteroit trop de mon ſujet; mais je crois faire plaiſir au Lecteur, en lui faiſant connoître un fourneau qui peut ſe placer par-tout, ſans cauſer d'incommodité, qui exige peu de ſoin, peu de dépenſe, & peu de ſçavoir, & avec lequel cependant on peut faire en petit beaucoup d'opérations agréables & utiles.

Le corps de ce fourneau, qui a environ 9 pouces de hauteur ſur 6 à 7 de diamétre au plus large, eſt tout-à-fait ſemblable par ſa figure au vaiſſeau *A A* * de notre derniére Experience; il renferme, comme lui, le feu d'une lampe à trois méches, dont le réſervoir eſt rempli d'huile d'olives à bas prix; on allume toutes ces méches, ou ſeulement une partie ſelon le degré de feu qu'on veut avoir; & ſi l'on prend ſoin qu'elles ſoient courtes, convenablement ſerrées dans les petits tuyaux par leſquels elles paſſent, pour atteindre l'huile, & que le bout qui brûle, ait la forme d'un pinceau qui a perdu ſa pointe, elles pourront brûler pendant cinq ou ſix heures, & même davantage, ſans fumer, & ſans faire ſentir aucune mauvaiſe odeur.

* Fig. 24.

Le fourneau ainſi allumé reçoit une eſpéce de bouilloire de fer blanc, *Fig.* 25, que l'on emplit d'eau bouillante par l'orifice *C*, dans laquelle eſt plongée & arrêtée une cucurbite d'étain *D*. Au col de cette cucurbite on joint un chapiteau de verre, ou de métal *E*, que l'on couvre d'un réfrigérant *F* garni d'un petit robinet, pour faciliter le renouvellement de l'eau qu'on y met. On adapte enſuite au bec du chapiteau un petit matras, dont on fait porter la boule ſur un ſupport qui ſe hauſſe & ſe baiſſe à volonté, comme on le peut voir par la *fig.* 26, qui répréſente toutes ces piéces enſemble.

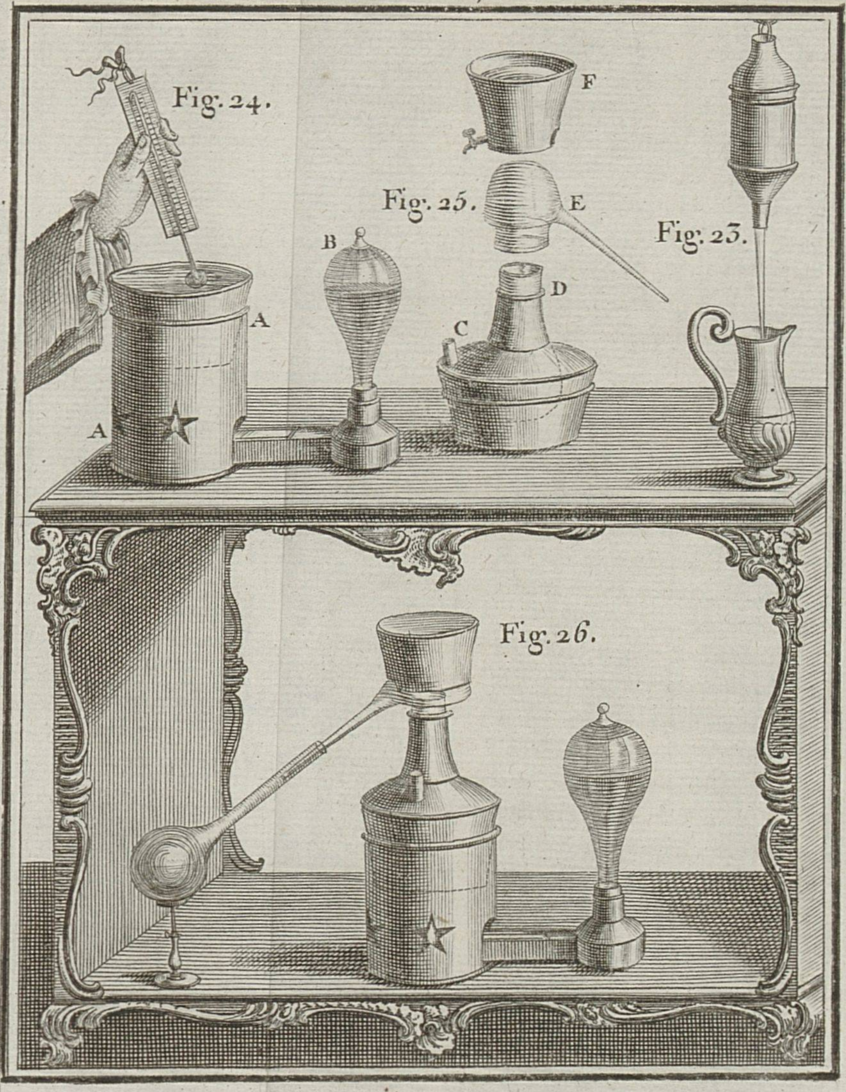
Au lieu de la cucurbite au bain marie, dont je viens de parler, on peut ajuſter au fourneau un bain de ſable, *fig.* 27, dans lequel on place une cucurbite de verre avec ſon chapiteau *G*, &c. ou bien, une cornue *H*, que l'on couvre encore de ſable, & d'un couvercle un peu formé en dôme, qui ſert comme de réverbere. *Voyez les fig.* 28. & 29.

Avec un fourneau de cette eſpéce on peut mettre à profit la lumiére que

bien des gens font garder pendant la nuit dans leur appartement ; il ne s'agit que de subſtituer aux lampes ou aux bougies qu'on employe communément à cet uſage, celle dont je viens de faire mention, l'huile que l'on brûle preſque toujours en pure perte ſervira à faire aller le petit fourneau, & le lendemain au matin on en trouvera le produit.

Le bain de ſable eſt commode pour entretenir chaud le bouillon ou la boiſſon d'un malade, le caffé, le thé, & autres potions ; pour tenir en digeſtion certaines drogues qu'on doit prendre par forme de reméde ou autrement, pour faire des évaporations lentes, &c.

Enfin, rien n'eſt plus commode que cet inſtrument, pour faire des eſſais de diſtilations, & pour extraire l'huile eſſentielle des plantes aromatiques. On met dans la cucurbite du bain marie, par exemple, une poignée de fleurs de lavende avec une pinte d'eau-de-vie, on la couvre de ſon chapiteau & du réfrigérant qu'on emplit d'eau fraîche : deux méches allumées, ou trois, ſi l'on veut aller


Fig. 24.
A
A
B
Fig. 25.
F
E
D
C
Fig. 23.
Fig. 26.

plus vîte, font diſtiller environ une chopine d'un eſprit-de-vin fort chargé d'odeur, & qui ne ſent point le feu.

On doit ſe ſervir de la cucurbite au bain de ſable pour des matiéres plus peſantes, ou qui ſeroient capables de gâter la cucurbite d'étain, comme le vinaigre, la térébenthine, &c.

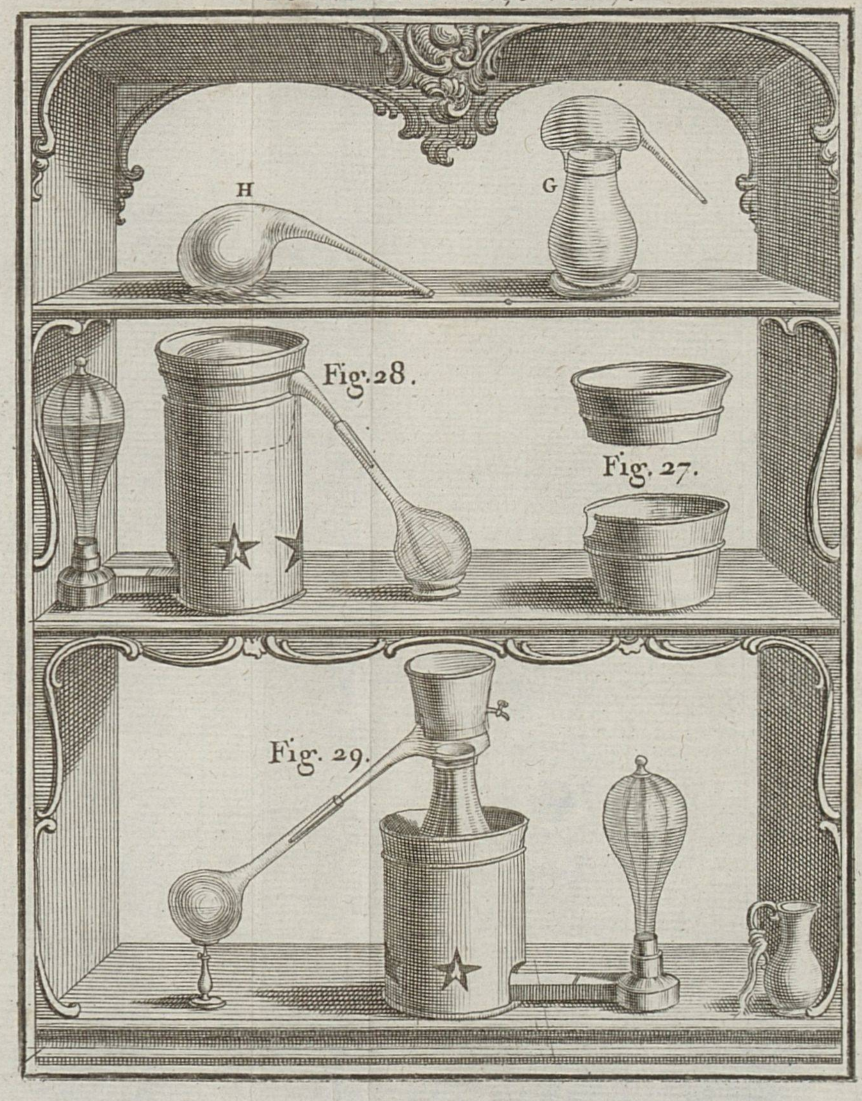
La cornue au bain de ſable, avec le réverbere & trois méches allumées, ſervira pour diſtiller des matiéres encore plus peſantes, comme le mercure, s'il étoit queſtion de le bien purifier; ou pour diſtiller l'eau forte citrine qui enflamme les huiles eſſentielles des plantes, & qui eſt une diſtillation de ſalpêtre fin, bien ſéché & mêlé avec l'huile de vitriol.

Le forgeron jette de l'eau par aſperſion ſur le charbon de terre, dont il entretient le feu de ſa forge, quand il s'apperçoit qu'il brûle un peu trop à la ſuperficie; par ce moyen, dont l'expérience lui a fait connoître l'utilité, il forme une eſpéce de voute toujours éteinte, ſous laquelle, comme dans un fourneau de réverbere, le feu ſe concentre & exerce ſon action

presqu'uniquement sur le métal que l'on fait chauffer.

Les étuves sont encore des espéces de fourneaux, dans l'intérieur desquels la chaleur d'un peu de braise allumée, s'applique commodément à un grand nombre de corps, que l'on veut entretenir chauds & secs : c'est ainsi que l'on conserve dans les offices des fruits confits, des caramels & autres préparations de sucre, que l'humidité de l'air auroit bien-tôt gâtées; c'est par ce moyen encore que ceux qui employent des vernis gras, finissent présentement dans l'espace de quelques jours, & dans les saisons les moins favorables, des ouvrages pour lesquels il falloit autrefois plusieurs mois d'un tems choisi,

Un paravent déployé & placé dans une grande chambre, auprès & vis-à-vis de la cheminée, ne sert pas seulement à garantir les personnes qui se chauffent de l'air froid que le feu attire : il réfléchit la chaleur, il l'arrête, il empêche qu'elle ne se dissipe; en un mot, il fait en quelque façon l'office d'un étuve, à cela près que l'air se renouvelle par en haut, dans l'espace qu'il renferme.


H
G
Fig. 28.
Fig. 27.
Fig. 29.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut avoir une grosse chandelle allumée, dont on incline un peu la méche; & avec un chalumeau de verre ou de métal recourbé & pointu par un bout, on souffle sur la flamme dans telle direction qu'on le juge à propos. *Voyez Fig.* 30.

EFFETS.

CETTE flamme qui brûle ordinairement sans bruit, qui n'a qu'un pouce & demi tout au plus de longueur, & qui seroit à peine capable de faire rougir une épingle ou une aiguille à coudre, lorsqu'elle est soufflée de la maniére que je viens de le dire, fait un bruissement assez considérable (*a*), s'allonge de plusieurs pouces, & brûle avec tant d'activité, qu'elle amollit ou fait fondre très-promptement le

(*a*) C'est ce qui arrive le plus communément; mais cependant quand le chalumeau est très-menu, & que l'on souffle médiocrement, on n'entend point de bruit.

verre, & les métaux les plus durs.

EXPLICATION.

JE considére toutes les parties de la flamme comme autant de petites portions de la matiére combustible, qui se brisent & qui éclatent par l'effort du feu qu'elles renferment, & qui se met en liberté : toutes ces petites explosions particuliéres en font une totale qui frappe l'air environnant, & qui fait du bruit lorsqu'elle est subite ; mais qui se passe en silence quand elle se fait lentement, ou quand une fois la flamme a fait sa place dans l'air. Il n'en doit pas être de même si l'on force l'air d'entrer dans la flamme : les parties qui éclatent à chaque instant doivent porter sur lui leur effort, & les secousses qu'il reçoit doivent se faire entendre : voilà au moins ce qui me paroît vraisemblable. On peut encore considérer qu'il y a toujours dans l'air des parties humides, qui lancées avec lui dans un feu très-actif, doivent faire (toute proportion gardée) ce que nous voyons que fait une goutte d'eau qui tombe sur un fer

chaud, c'eſt-à-dire, un frémiſſement qui retentit.

L'allongement de la flamme eſt viſiblement cauſé par l'impulſion du vent qui entraîne avec lui, celles des parties embraſées qui ſe diſſiperoient du côté d'où il vient : on peut ajoûter encore, que ce qui ne ſeroit que vapeur éteinte ou fumée, devient de la flamme, parce que l'activité du feu eſt augmentée.

La flamme ſoufflée devient un feu plus actif, pour deux raiſons : premierement, parce que le vent condenſe les parties embraſées dans la direction qu'il leur fait prendre, puiſqu'il entraîne du même côté des parties qui n'iroient pas ſans cette détermination, & qu'il fait prendre feu à d'autres qui s'exhaleroient en fumée ; ſecondement, parce que pouſſant la flamme, il ajoûte au mouvement qu'elle a naturellement, & par lequel elle agit ſur les autres corps,

APPLICATIONS.

L'EXPERIENCE qu'on vient de voir, eſt une pratique fort connue & très-uſitée dans pluſieurs arts. Les Orfé-

vres qui font particuliérement la bijouterie, & ceux qu'on nomme *Metteurs en œuvre*, soudent la plûpart de leurs piéces au chalumeau; ils les tiennent dans le creux d'un charbon de bois tendre, & ils dirigent dessus la flamme allongée par le souffle : de cette maniere, ils sont bien plus maître du feu, & ne risquent pas de fondre des parties délicates, qu'on auroit bien de la peine à ménager & à sauver, si l'on se servoit de charbon allumé pour les chauffer.

Les horlogers, les faiseurs d'instrumens de Mathématiques, &c. qui trempent la pointe de leurs forets en les plongeant dans le suif, les font rougir auparavant dans la flamme d'une chandelle, qu'ils soufflent aussi avec un chalumeau ; cette façon de tremper est très-commode, en ce qu'on est maître de ne chauffer que le petit bout de l'instrument, la seule partie qui doive être dure.

C'est aussi par le vent qui sort d'un chalumeau recourbé que les émailleurs animent le feu de leur lampe : mais au lieu de souffler avec la bouche, ce qui est impraticable dans bien

des cas, & très-pénible quand le travail eſt d'une certaine durée, la plûpart ſe ſervent d'un ſoufflet à double ame, fixé ſous la table qui porte la lampe, & que l'on fait mouvoir avec le pied en appuyant ſur une pédale. La *Fig.* 31. repréſente non ſeulement l'appareil de cet art charmant, qui ſçait faire prendre au verre & à l'émail tant de formes agréables, & imiter ſi joliment les fleurs & autres productions de la nature ; elle met encore ſous les yeux le portrait aſſez reſſemblant du plus adroit & du plus ingénieux Artiſte que nous ayons en ce genre (*a*) : Je ſens tous les jours combien je lui ſuis redevable d'avoir bien voulu me mettre un peu au fait de ſon art ; pour lui en marquer ma reconnoiſſance, je profite avec plaiſir

(*a*) Jean Raux, Emailleur du Roi, a eû l'honneur d'amuſer de ſon travail preſque tous nos Princes dans leur jeuneſſe, & d'en donner des leçons à beaucoup de Seigneurs, tant François qu'Etrangers ; ſon portrait fut eſquiſſé par un Officier de la Cour de Monſeigneur le Dauphin tandis qu'il travailloit devant ce Prince en 1739. C'eſt d'après cette eſquiſſe qui m'eſt tombée entre les mains que j'ai fait graver la *Fig.* 31.

d'une occaſion que j'ai de perpétuer ſa mémoire.

La lampe des Emailleurs, animée par le vent d'un ſoufflet, nous fait voir en petit ce qui ſe paſſe dans les forges. Combien n'y auroit-il point à perdre, & pour le tems & pour la dépenſe, s'il falloit traiter les métaux, comme on traite le verre, par exemple, dans les verreries, avec un feu qui prend preſque toute ſa force de la quantité & de la durée : d'ailleurs avec le feu d'une forge qui peut être très-fort, quoiqu'en petit volume, on a encore l'avantage de ne chauffer ſur une barre de fer que l'endroit où l'on a à faire.

Le feu ſoufflé eſt encore plus actif que celui qui eſt contenu & concentré dans un fourneau ; ainſi lorſqu'il s'agit de pouſſer l'action du feu auſſi loin qu'elle peut aller par des moyens connus, il faut oppoſer entre eux pluſieurs ſoufflets ſur un même braſier ; c'eſt ainſi qu'en uſent les Chymiſtes, pour accélérer la fuſion des matiéres dures, ou pour éprouver juſqu'à quel point elles ſont fixes.

Sans employer des ſoufflets, on a ſoin

ſoin de conſtruire preſque tous les fourneaux, de maniére que l'air attiré par le feu, paſſe avec une certaine vîteſſe de la partie embraſée à celle qui ne l'eſt pas, ou qui l'eſt moins; alors l'action du feu eſt augmentée par ce courant d'air, qu'on eſt maître de modérer à ſon gré, en ouvrant plus ou moins les iſſues par leſquelles il doit ſortir.

Un tel courant d'air bien ménagé peut forcer la fumée de deſcendre dans le braſier & de s'y convertir en flamme, comme cela arrive dans une eſpéce de poële inventé autrefois par M. Daleſme *, & renouvellé dans ces derniers tems par des perſonnes qui n'en ayant pas bien étudié les inconveniens, propoſerent d'en placer dans les appartemens: dès les premiers eſſais, on reconnut que l'uſage en étoit pernicieux, & que s'ils ne rempliſſent point l'air de fumée groſſiére, ils le chargent d'exhalaiſons plus ſubtiles, mais toujours capables de nuire aux perſonnes qui le reſpirent.

* *Journal des Sçav. 1686. pag. 116.*

Après ce que je viens de dire, il eſt preſque inutile de parler de l'uſage où l'on eſt de ſouffler le feu des ap-

partemens pour le mieux allumer, ni des justes raisons que l'on a de craindre le vent dans les incendies : tout cela est fondé sur ce que l'impulsion de l'air chasse le feu sur son aliment, ou l'y retient, ce qui lui fait faire plus de progrès ; & si l'on voit quelquefois un souffle violent éteindre la flamme, c'est qu'alors ce vent non proportionné dissipe & le feu & la vapeur qui est prête à s'enflammer, comme je l'ai déja dit ailleurs. *

* Tom. 3. pag. 293.

Mais n'y a-t-il que l'air agité qui puisse animer le feu ? Tout autre fluide qui n'auroit pas beaucoup de densité, une vapeur qui couleroit avec rapidité, ne feroit-elle pas la même chose ? Oui, assurément, & si l'on en doutoit, on pourroit très-facilement s'en convaincre, en présentant la flamme d'un flambeau ou un gros charbon bien allumé au bec d'un éolypile, dans lequel on feroit bouillir de l'eau : le jet de vapeur qui en sort fait précisément l'effet d'un soufflet ; on me dira, peut-être, que cette vapeur contient beaucoup d'air, mais j'ai déja prévenu cette objection *, en rapportant une expérience bien simple, par la-

* Page 89.

quelle on voit clairement que cela n'eſt pas.

Cette expérience conſiſte à plonger le bec de l'éolypile dans un verre d'eau froide : s'il en ſortoit de l'air, ſans doute qu'il ſe montreroit ſous la forme de globules, ce qui n'arrive pas ; mais au lieu de cela on apperçoit un fluide qui trouble un peu la tranſparence de l'eau, & qui fait entendre un frémiſſement tout-à-fait ſemblable à celui d'une liqueur qui commence à bouillir : ce bruit qui a d'abord un ton aſſez aigu, devient plus grave & plus ſourd à meſure que l'eau s'échauffe : & enfin la vapeur continuant toujours de ſe répandre dans cette eau, & de la rendre plus chaude, parvient à la faire bouillir, & l'on n'entend plus alors que le bruit ordinaire du bouillonnement : cette expérience, qui m'a parû curieuſe, s'accorde, aſſez-bien avec ce que j'ai dit ci-deſſus, pour expliquer l'ébullition des liqueurs.

La ſuppreſſion des moyens par leſquels on entretient & on anime le feu, eſt la cauſe la plus ordinaire de ſon ralentiſſement ou de ſon extinc-

tion : une bougie & une lampe cessent d'éclairer dès que la méche ne trouve plus de cire ou d'huile à pomper ; le feu d'un poële ou d'une cheminée ne donne plus de chaleur quand il manque de bois, & souvent il languit, seulement parce qu'on néglige de le souffler. Mais indépendamment de ces causes, il en est d'autres qui agissent plus promptement, & dont on ne manque pas de faire usage quand on est pressé d'arrêter les progrès du feu, ou de les ralentir. J'ai fait voir dans la dixiéme Leçon * que les matiéres les plus combustibles ne peuvent prendre feu ni rester enflammées que dans un air libre, & j'en ai dit les raisons. Je dois ajoûter ici que la privation d'air, le vuide tel qu'il le faut pour éteindre le feu, se fait bien sans machine, & souvent sans qu'on pense à le faire : il ne faut qu'appliquer à la surface du corps embrasé une matiére qui ne prenne point feu elle-même ; en voilà assez pour écarter l'air, pour empêcher qu'il ne touche & qu'il n'entretienne l'inflammation.

* *Tom. 3. p. 285. & suiv.*

Celle de toutes les matiéres con-

nues, qu'on peut interposer ainsi avec le plus de succès, c'est l'eau ou sa vapeur, comme je l'ai fait connoître dans la douziéme Leçon *. Mais elle n'est pas la seule capable de cet effet; il suffit que ce qui touche le feu, quoiqu'inflammable de sa nature, ne s'allume point; & cela peut arriver ou par la grandeur du volume, ou par l'épaisseur de l'enduit; une grande quantité d'huile froide jettée tout-à-coup sur un petit feu l'étouffe au lieu de l'augmenter : un charbon ardent se noircit & s'éteint sur un morceau de bois dur d'une certaine épaisseur : & tout cela est fondé sur ce principe, qu'un corps qui brûle actuellement n'en peut faire brûler un autre, s'il n'y trouve, ou s'il n'y fait naître une chaleur pour le moins égale à la sienne; or cette condition n'a pas lieu dans une matiére combustible, mais froide, dont la quantité n'est pas en proportion convenable avec le feu qu'on y applique, ni à l'égard de l'eau, qui, lors-même qu'elle bout, est toujours beaucoup moins chaude qu'une matiére qui brûle.

* Pag. 90. & suiv.

Par les expériences que j'ai rappor-

tées dans la ſection précédente ; j'ai fait voir que cet effet du feu, qu'on nomme *embraſement* ou *inflammation*, s'augmente comme de lui-même, lorſque le corps embraſé ſe trouve uni avec une quantité proportionnée de matiére capable de s'embraſer auſſi. Il n'en eſt pas de même de la ſimple chaleur ; elle ne ſe communique point ſans s'affoiblir, & cette diminution, dont nous ignorons le dernier terme, ſe nomme *refroidiſſement*.

Comme les corps s'échauffent plus promptement & avec plus de facilité les uns que les autres, auſſi ne ſe refroidiſſent-ils pas tous également dans un tems donné. Leur degré de denſité, plus ou moins de cohérence entre leurs parties, les différens principes qui conſtituent leur eſſence, ſont autant de cauſes d'où dépendent apparemment ces différences ; & quoiqu'avec le tems diverſes eſpéces de matiéres prennent la température du lieu où elles ſont placées, cependant les unes y arrivent plutôt, les autres plus tard.

On peut dire en général (ſauf les exceptions que l'expérience pourra

faire connoître) que la chaleur ſe communique en raiſons des maſſes; c'eſt-à-dire, qu'un pouce cube de fer, par exemple, appliqué ſur un morceau de bois qui auroit les mêmes dimenſions avec moins de chaleur, ſe refroidiroit moins par cet attouchement, que ne feroit le cube de bois, ſi plus chaud que le fer, il s'appliquoit à lui pour l'échauffer. Auſſi reſſent-on plus de froid aux mains, quand on a touché du marbre ou du métal pendant l'hyver, que quand on a manié du bois ou des étoffes, quoique la température de tous ces corps ſoit véritablement la même. Car le refroidiſſement de la main n'eſt autre choſe que la perte qu'elle a faite d'une partie de ſa chaleur, en la communiquant, & cette communication eſt proportionnelle à la denſité du corps touché.

Quand les matiéres qui ſe touchent ou qui ſe mêlent ſont de même nature, la chaleur ſe communique de la plus chaude à celle qui l'eſt moins en raiſons des volumes; c'eſt-à-dire, que deux quantités égales d'une même liqueur, l'une chaude & l'autre froide,

étant mêlées enſemble ; la premiere partage également avec la ſeconde ce qu'elle a de chaleur plus qu'elle ; un exemple rendra ceci encore plus intelligible.

III. EXPERIENCE.

Preparation.

Dans un vaiſſeau cylindrique fort mince, de fer blanc, par exemple ; je mets une pinte d'eau, qui n'a que dix degrés de chaleur, & par-deſſus je verſe une autre pinte d'eau qui en a 40, & avec un thermométre de mercure, j'examine promptement quel eſt le degré actuel du mêlange.

Effet.

La liqueur du thermométre plongé ſe fixe au 25. degré au-deſſus du therme de la glace.

Explication.

De quelque maniére qu'on veuille conſidérer la chaleur, ſoit qu'on la regarde comme un mouvement imprimé aux parties d'un corps, ſoit qu'on

reconnoiſſe en elle l'action d'un fluide ſubtile qui tend à ſe répandre uniformément, on doit toujours s'attendre à ce que l'on voit par le réſultat de notre expérience.

Suivant la premiere idée, la pinte d'eau la plus chaude eſt animée par un mouvement de quarante degrés, qui excéde de trente celui de l'autre : c'eſt cet excès qui ſe partageant également entre deux maſſes égales, qui ont chacune 10 de mouvement commun, fait que chacune d'elles ſe trouve en avoir 25, à peu près comme ſi un corps peſant deux livres, & ayant quarante degrés de vîteſſe en rencontre un autre de même poids qui ſe meut dans le même ſens avec une vîteſſe de 10 degrés ſeulement; tous deux après le choc continuent de ſe mouvoir avec 25 degrés, qui réſultent de 10, leur vîteſſe commune, & de 15, qui eſt la moitié de l'excès de 40 ſur 10, comme on l'a vû par les expériences de la quatriéme Leçon. * Tom. 3. pag. 333. & ſeq.

Si l'on veut que la chaleur d'un corps ſoit l'effet d'une matiére qui le pénétre & qui ſe répand dans ſon intérieur; cette matiére, comme tous

les fluides, cherchant à remplir uniformément tous les eſpaces auxquels elle peut atteindre, toutes choſes égales d'ailleurs, doit ſe raréfier à proportion de l'étendue qu'elle occupe ; ainſi elle doit être une fois plus rare, avoir une action une fois plus foible, lors qu'au lieu d'une ſeule pinte d'eau elle vient à en occuper deux : avant le mêlange il y avoit dix meſures de feu d'un côté, & 40 de l'autre ; les deux pintes d'eau étant mêlée enſuite, ont dû partager également entr'elles les 30 meſures, qui ſont l'excès de 40 ſur 10 : & de cette répartition il a dû réſulter une chaleur qui étoit l'effet de 10 & de 15, dont la ſomme eſt 25.

J'ai fait un grand nombre d'expériences de ce genre, dans leſquelles j'ai varié les degrés de chaleurs & les quantités d'eau que je mêlois enſemble ; j'ai pris d'ailleurs toutes les précautions que j'ai pû imaginer, pour avoir des réſultats fort exacts ; & j'ai toujours vû, comme je l'ai déja dit, qu'entre deux portions de la même matiére, l'excès de la chaleur de l'une ſur l'autre ſe partageoit en raiſon des volumes, & que le degré de chaleur

des deux portions mêlées dépendoit de cette répartition & du degré commun de chaleur, c'eſt-à-dire, de celui qu'avoit la portion la moins chaude avant le mêlange. (*a*).

Je ne me trouve point d'accord ici avec le célébre Boerhaave, qui dit formellement * que la chaleur réſultante de deux portions égales d'une même matiére, inégalement chaudes, & mêlées enſemble, eſt toujours la moitié de la quantité dont la chaleur de l'une ſurpaſſe celle de l'autre, & qui en cite des exemples. » Si vous » mêlez enſemble, dit-il, une livre » d'eau bouillante qui a 212 degrés » de chaleur, avec une autre livre » d'eau, qui commence à n'être plus » glace, & qui n'a que 32 degrés; ces » deux eaux mêlées auront une cha- » leur de 90 degrés, c'eſt-à-dire, la » moitié d'une chaleur de 180, dif- » férence de 212 à 32. (*b*) S'il diſoit

* *Elem. Chem. t. 1. p. 144.*

(*a*) J'appelle ce degré, *commun*, parce qu'il eſt dans l'une & dans l'autre portion avant le mêlange; dans l'eau moins chaude, il y eſt ſeul; dans l'autre, il y eſt avec la quantité que j'appelle *l'excès* d'une chaleur ſur l'autre.

(*b*) Le thermométre employé dans cette

que la chaleur de ce mêlange eſt de 90 degrés ajoûtés à la chaleur commune, qui eſt 32, cela iroit fort bien avec ma théorie, & avec ce que l'expérience m'a fait voir : car ayant répété celle-là même que je viens de citer d'après lui, j'ai trouvé que la liqueur d'un thermométre, ſemblable à celui dont il s'eſt ſervi, ſe fixoit au 122 degré, c'eſt-à-dire, à 90 au-deſſus de 32.

L'erreur de fait, que je ne crois pas être de mon côté, me feroit volontiers croire, qu'il faudroit ſuppléer aux paroles de Boerhaave, comme je viens de le faire, & que ſon expreſſion n'eſt défectueuſe que par la faute du Copiſte ou de l'Imprimeur ; mais il paroît que ce grand homme n'a compté en effet, que ſur la moitié de l'excès d'une chaleur ſur l'autre, car il prétend que le degré commun périt dans le mêlange, ce qui lui paroît très-difficile à comprendre : *valdè ſubtile eſt intellectu quòd gradus caloris communis*

expérience, eſt celui de Fahrenheit, qui exprime le terme de la glace par 32, & celui de l'eau bouillante, par 212.

pereat. * Et je vois par des Ouvrages, où l'on a ſuivi ſa doctrine, que cet endroit a été entendu, comme je viens de l'expoſer, & comme il ſe préſente naturellement. » L'effet le plus ſingu-
» lier de ces mêlanges, dit un Auteur
» reſpectable *, effet qui paroît entié-
» rement inexplicable, c'eſt que de
» deux quantités égales, mais inégale-
» ment chauffées d'un liquide quelcon-
» que, prennent par la mixtion un de-
» gré de chaleur, qui eſt *la moitié de la*
» *différence de la chaleur que ces deux*
» *portions du même liquide avoient avant*
» *d'être mêlées.* Ainſi une livre d'eau
» qui tient le thermométre à 32 degrés,
» étant mêlée avec une autre livre
» d'eau bouillante, qui le tient à 212,
» fera monter le thermométre après la
» mixtion, à 90 : or 90 eſt la moitié
» de la différence de 32 à 212. »

* *Ibid. pag.* 145.

* *Diſſert. ſur la Nature & la propagation du Feu, in-8°.* 1744. *pag.* 78.

Il paroît par l'aveu même de Boerhaave (*a*), qu'il n'a point fait ces expériences lui-même ; & quoiqu'il ſe ſoit ſervi pour les faire d'un homme fort intelligent, j'ai peine à l'excuſer

(a) *Experimenta modò memorata inſtituit mihi celebris Fahrenheitius.* Elem. Chem. tom. 1. p. 145.

de s'en être tout-à-fait rapporté aux yeux d'autrui, ſur-tout lorſque les réſultats qu'on lui offroit, le conduiſoient à des aſſertions dont on pouvoit tirer des conſéquences tout-à-fait étranges, & viſiblement fauſſes. Jugeons-en par celle-ci : ſelon cette doctrine, on pourroit refroidir de l'eau médiocrement chaude, en y mêlant d'autre eau, qui le ſeroit davantage ; & en voici la preuve : ſuppoſons qu'une pinte d'eau ait 20 degrés de chaleur, & qu'on verſe deſſus une autre pinte d'eau qui en ait 50 : ſi la chaleur du mêlange doit être *la moitié de l'excès de* 50 *ſur* 20, ce mêlange n'aura donc que 15 degrés de chaleur, c'eſt-à-dire, qu'il ſera de 5 degrés plus froid que n'étoit celle des deux pintes d'eau la moins chaude : ce qui n'eſt, comme l'on ſçait, ni vrai, ni vraiſemblable.

APPLICATIONS.

COMME deux corps ſolides qui ſe touchent, deux liquides qui ſe mêlent partagent entr'eux la quantité de chaleur, que l'un a plus que l'autre, de même un corps dur plongé dans une

liqueur l'échauffe ou la refroidit, ſelon qu'il eſt plus ou moins chaud qu'elle. Les Sauvages les plus reculés de l'Amérique, qui n'ont que des vaiſſeaux de bois pour faire cuire la viande ou le poiſſon, font bouillir l'eau, en y plongeant ſucceſſivement de gros cailloux qu'ils ont fait rougir dans le feu. La neige & la glace pilée ſe fondent en refroidiſſant les bouteilles pleine de vin qu'on y a plongées; & l'air diminue d'autant plus la chaleur des corps, qu'il ſe renouvelle plus ſouvent à leur ſurface. Ces faits, & une infinité d'autres que je ne rappelle point, ſont des conſéquences ſi néceſſaires & ſi palpables du principe établi ci-deſſus, qu'il ſeroit ſuperflu de m'y arrêter davantage.

Le refroidiſſement n'étant autre choſe qu'une diminution de chaleur, on doit s'attendre de voir ceſſer dans un corps qui ſe refroidit tous les effets du feu dont j'ai parlé ci-deſſus : ce qui étoit de la flamme ne devient plus qu'une fumée épaiſſe, l'évaporation ſe ralentit, ou ceſſe entiérement, les matiéres liquéfiées s'épaiſſiſſent & reprennent peu à peu leur premiere

consistance, & le volume augmenté par la dilatation, se renferme dans des limites plus étroites.

Quand tout cela se fait lentement, les parties se rapprochent proportionnellement, & dans l'ordre que la nature ou l'art a mis entr'elles ; toute la masse reprend son premier état, elle redevient telle qu'elle étoit avant qu'elle éprouvât l'action du feu, à moins que cette action ne lui ait enlevé une partie de ses principes. Mais un refroidissement trop prompt a quelquefois des effets fort différens ; en ôtant aux parties la mobilité respective, ou la souplesse que le feu leur avoit donnée, il les fixe avant qu'elles ayent pû s'approcher suffisamment & se ranger dans l'ordre qui leur convient ; de-là il arrive que le corps qu'elles composent, quoique dur dans ses molécules, ne prend qu'une consistance imparfaite, parce que ces molécules n'ont pas assez de liaison entre elles. J'en puis citer deux exemples bien remarquables, le premier est l'effet de la trempe sur l'acier ; on peut voir ce que j'en ai dit en parlant du ressort. * Le second est un phénoméne assez

* *Tom. I. p. 139. & suiv.*

assez singulier, que les Physiciens examinent depuis long-tems, & dont ils ont à peine entrevû la cause : voici le fait.

Les Verriers prennent au bout d'une canne de fer un peu de verre fondu qu'ils laissent tomber tout liquide dans un seau plein d'eau fraîche ; il s'en forme une petite larme, telle qu'on la voit représentée par la *Fig.* 32, dans le gros de laquelle on voit toujours comme une ou plusieurs petites bulles d'air. On peut frapper assez fortement avec un marteau sur cette larme sans la casser ; mais si l'on en rompt la queue, tout se brise avec éclat & se réduit en une espéce de gros sable, dont chaque grain vû au microscope paroît fendu de tous les côtés.

Ceux qui ont commencé à raisonner sur ce phénoméne l'ont attribué aux efforts de l'air, sans dire ni pourquoi, ni comment cela se faisoit ; apparemment parce qu'ils prenoient pour de l'air ces espéces de bulles qu'on apperçoit dans l'épaisseur du verre : mais d'où viendroit cet air dans une matiére aussi ardente, & à quel

point n'y seroit-il pas raréfié & affoibli, s'il y avoit été enveloppé? l'air n'agit donc point intérieurement; & celui du dehors n'a pas plus de part à cet effet; car on réussit également bien, en rompant de ces larmes dans le vuide ou dans l'air libre.

Ces prétendues bulles d'air ne sont autre chose que des espaces abandonnés par la matiére qui se condense. Ne sçait-on pas, & n'avons-nous pas vû que tout corps, qui de liquide devient solide, diminue de volume? Cette diminution ne pouvant avoir lieu qu'autant que les parties ont assez de mobilité pour se rapprocher, si la solidité commence brusquement & par la superficie, les parties du dedans en se portant vers cette surface solide, ne manquent pas de laisser quelque vuide au milieu d'elles; c'est ainsi que sous la croute du pain, la mie en se cuisant se trouve interrompue par une infinité de petites cavités. De même, je conçois que le verre se durcit d'abord extérieurement par la fraîcheur de l'eau qui le touche, & que le dedans venant ensuite à se condenser, il

reſte vers le centre un eſpace qui n'eſt rempli par rien qui ſoit auſſi denſe que l'air.

Je ne puis douter que le refroidiſſement de ces larmes ne ſe faſſe de couche en couche depuis la ſuperficie juſqu'au centre, & que la chaleur du dedans ne ſubſiſte aſſez long-tems, pour donner lieu aux parties de ſe rapprocher & de ſe ſerrer davantage : je les ai vûes rouges au fond du ſeau pendant plus de ſix ſecondes, & je me ſuis aſſûré que ce degré de chaleur n'étoit qu'interne, en les recevant dans ma main, que je tenois plongée dans l'eau.

Il n'eſt pas beſoin que le verre ait la forme d'une larme ſolide pour produire l'effet dont il eſt ici queſtion ; on voit quelque choſe de très-ſemblable, avec une petite phiole qu'on peut comparer à une poire creuſe, *Fig*. 33. & dont le fond eſt beaucoup plus épais que le reſte : aſſez ſouvent ces petits vaiſſeaux ſe caſſent d'eux-mêmes avant que d'être entiérement refroidis ; mais quand ils reſtent entiers, on eſt ſûr de les faire éclater

en y laissant tomber un petit gravier, ou un fragment de pierre à fusil, ce que ne fait pas une petite balle de plomb, quoique plus pesante.

Il est très-probable que le verre ne se casse ainsi, que parce que les couches qui composent son épaisseur ont été condensées & rendues solides comme en plusieurs tems; les couches extérieures s'étant durcies avant les autres, celles-ci en se condensant les ont obligées de se plier vers elles, à peu près comme un arc qui se tend par le racourcissement de sa corde. Lorsque le choc d'un corps aigu, une rupture faite exprès, ou une secousse violente, donne lieu aux parties internes de se quitter, les couches extérieures qu'elles tenoient en contraction, se débandent comme autant de ressorts, & toutes ces larmes élastiques étant composées de parties mal jointes, à cause du refroidissement subit qu'elles ont souffert, elles se brisent en se débandant, ce qui arrive assez souvent à des corps élastiques d'une matière fragile, qui ne peuvent pas se prêter à toute l'étendue de leur

réaction, parce qu'il eſt rare qu'ils ſoient auſſi fléxibles dans un ſens que dans l'autre.

Ce qui augmente la vrai-ſemblance de cette explication, c'eſt qu'une larme de verre qu'on a fait rougir ſur des charbons ardens, & les petites phioles épaiſſes par le fond, qu'on a tenues dans l'arche de la verrerie pour les y faire refroidir très-lentement, ne ſe briſent plus quand on en fait l'épreuve; & j'ai remarqué en général que les vaiſſeaux de verre, dont l'épaiſſeur étoit grande & inégale, ſe caſſoient ſouvent d'eux-mêmes, & qu'on ne pouvoit les mettre à l'abri de cet accident, qu'en les faiſant recuire long-tems & fortement à la verrerie, auſſi-tôt qu'ils ont été formés: or il eſt comme viſible que ce recuit donne lieu aux couches extérieures de ſe plier ſans contrainte au gré des autres, & aux parties qui les compoſent, de s'arranger & de ſe joindre plus ſolidement.

Puiſque le froid n'eſt autre choſe qu'une moindre chaleur, on ne doit point le conſidérer comme une qua-

lité absolue, mais seulement relative: tel corps est froid à l'égard de celui-ci, qui paroîtra chaud par rapport à celui-là: de la neige pure qui fait descendre la liqueur du thermométre sortant d'un air tempéré, la feroit monter très-sensiblement, si cet instrument avoit été plongé pendant quelques-tems dans un mêlange de glace & de sel: les caves que nous trouvons chaudes pendant l'hyver, & froides pendant l'été, ne nous paroissent telles que par la différence qu'il y a entre leur température, qui est toujours à peu près la même, & celle de l'air que nous venons de quitter quand nous entrons dans ces soûterrains. On peut faire sur cela une expérience bien simple, & en même-tems bien convainquante; que l'on prenne soin d'avoir une de ses mains très-froide, & l'autre bien chaude, & qu'on les plonge successivement dans un seau plein d'eau de puits nouvellement tirée; cette eau sera infailliblement jugée chaude, lorsqu'on la touchera avec la main froide, & froide au contrai-

re, lorſqu'on y plongera la main chaude.

La congélation de l'eau eſt un des plus ſinguliers phénoménes du refroidiſſement ; je crois avoir rapporté dans la douziéme Leçon tout ce qu'on en ſçait de plus curieux & de plus intéreſſant ; il ne me reſte ſur cela qu'une réflexion à faire, c'eſt que l'eau qui ſe géle, n'eſt qu'un exemple particulier de ce qui arrive par le froid à une infinité d'autres matiéres : une bougie, à proprement parler, eſt un bâton de cire glacée ; la Statue équeſtre d'Henri IV. ſur le Pont neuf, eſt une glace de bronze, à qui l'on a fait prendre cette forme dans un moule. Les vîtres & les miroirs de nos appartemens ſont des lames, ou des plaques de verre gelé : enfin, tout ce qui devient liquide par l'action du feu, & qui ſe durcit en ſe refroidiſſant, ne differe de l'eau & de la glace à cet égard, que parce que ſa congellation arrive plutôt ou plus tard, qu'elle fait une maſſe plus ou moins dure, moins tranſparente ou opaque, &c. & je ne

crains pas de dire que ces idées ne pourront paroître étranges qu'à ceux qui n'auront point assez réfléchi sur la cause la plus ordinaire & presque générale de la liquidité & de la solidité des corps.

Fin du quatriéme Tome.



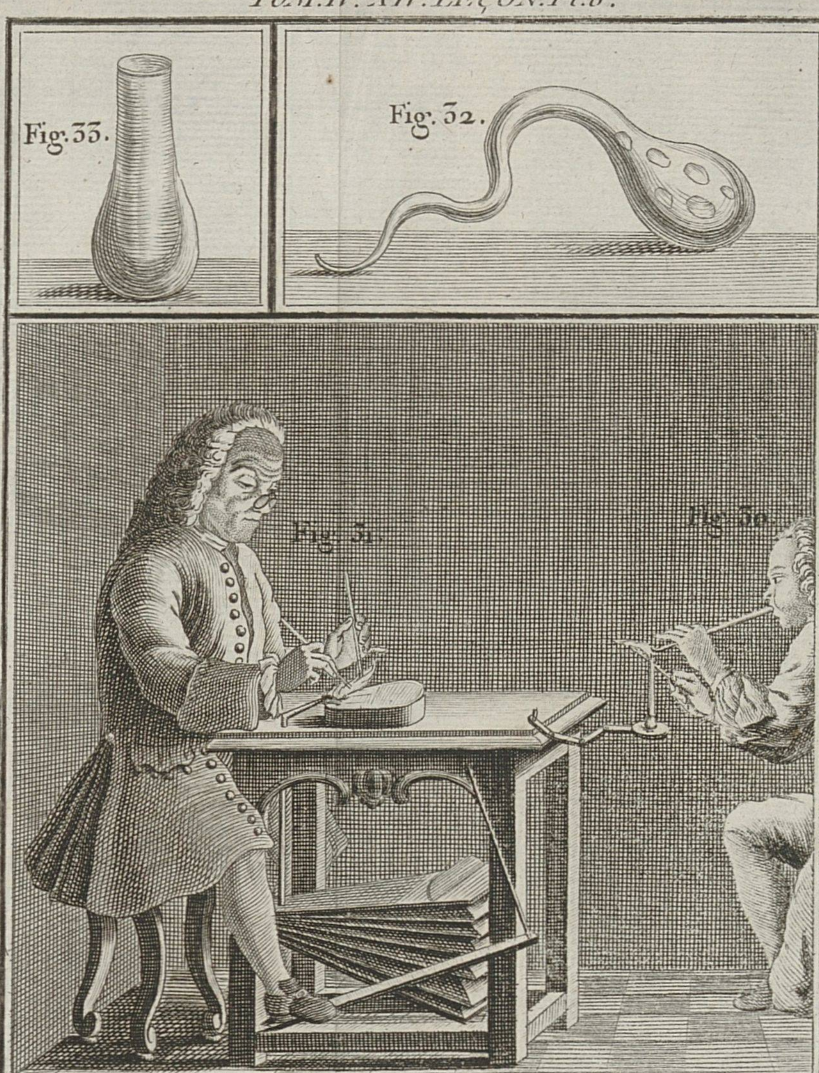

Fig. 33.
Fig. 32.
Fig. 31.
Fig. 30.

TABLE DES MATIERES

Contenues dans le quatriéme Volume.

XII. LEÇON.

Sur la nature & les propriétés de l'Eau.

XIII. LEÇON.

De la nature & des propriétés du Feu

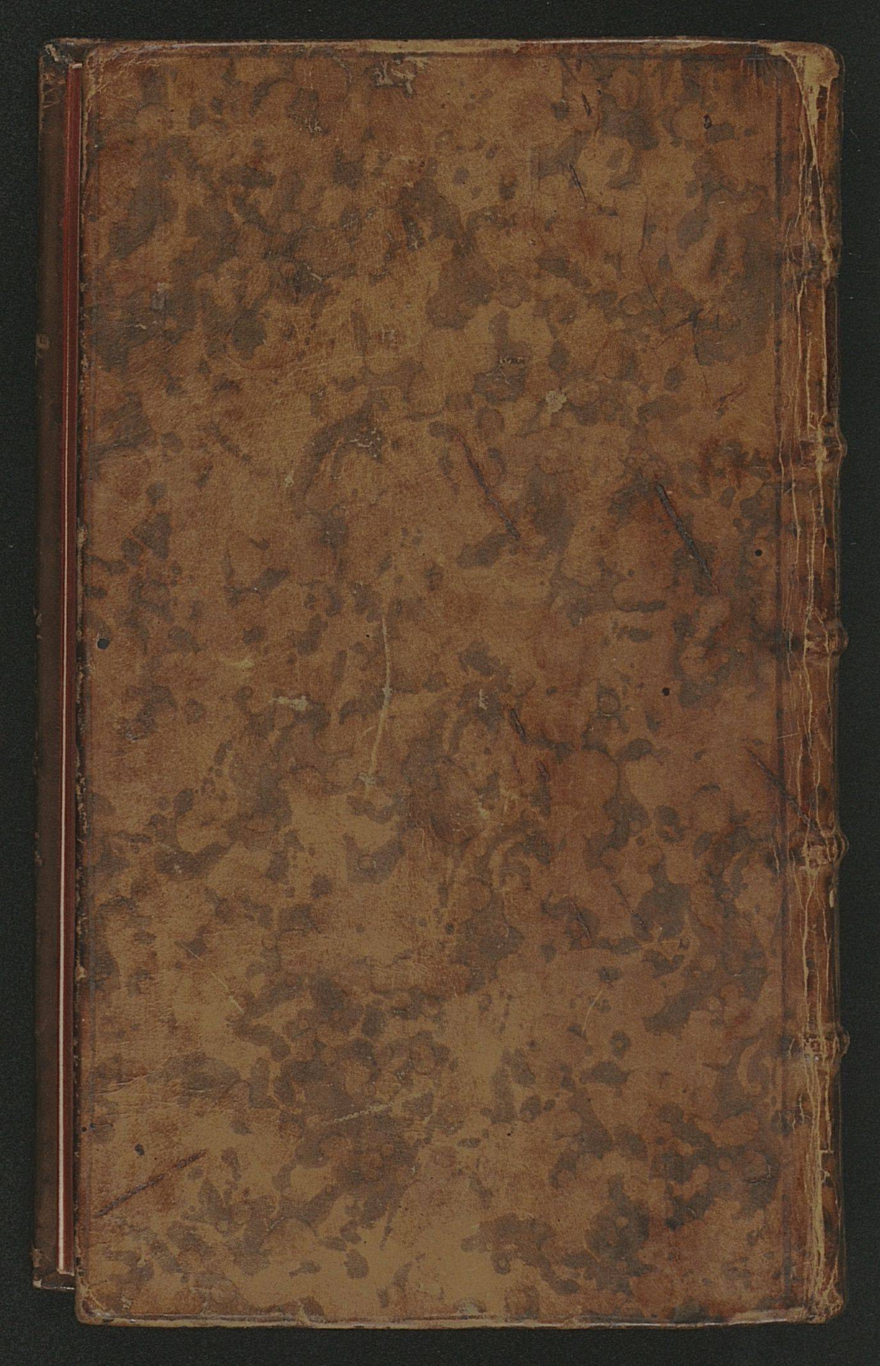
XIV. LEÇON.

Suite des propriétés du Feu. 337.

Fin de la Table des Matiéres du Tome quatriéme.









LEÇONS
DE
PHISIQ.

TOM IV









inches centimeters

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 (A)	12	13	14	15
L*	39.12	65.43	49.87	44.26	55.56	70.82	63.51	39.92	52.24	97.06	92.02	87.34	82.14	72.06	62.15
a*	13.24	18.11	-4.34	-13.80	9.82	-33.43	34.26	11.81	48.55	-0.40	-0.60	-0.75	-1.06	-1.19	-1.07
b*	15.07	18.72	-22.29	22.85	-24.49	-0.35	59.60	-46.07	18.51	1.13	0.23	0.21	0.43	0.28	0.19
Density										0.04	0.09	0.15	0.22	0.36	0.51

	16 (M)	17	18 (B)	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
L*	49.25	38.62	28.86	16.19	8.29	3.44	31.41	72.46	72.95	29.37	54.91	43.96	82.74	52.79	50.87
a*	-0.16	-0.18	0.54	-0.05	-0.81	-0.23	20.98	-24.45	16.83	13.06	-38.91	52.00	3.45	50.88	-27.17
b*	0.01	-0.04	0.60	0.73	0.19	0.49	-19.43	55.93	68.80	-49.49	30.77	30.01	81.29	-12.72	-29.46
Density	0.75	0.98	1.24	1.67	2.04	2.42									

D50 Illuminant, 2 degree observer

Golden Thread

Colors by Munsell Color Services Lab

Don Williams